cuentas ecológicas del transporte

Con el apoyo de:





Fundación Biodiversidad



ecologistas en acción

cuentas ecológicas del transporte

EN ESPAÑA

Alfonso Sanz, Pilar Vega y Miguel Mateos

Título:
Las cuentas ecológicas del transporte en España

Autores:
Alfonso Sanz Alduán, Pilar Vega Pindado, Miguel Mateos Arribas
Con la colaboración de:
Luís Ángel López de Diego, Christian Kisters, Marcos Montes García
Grupo de Estudios y Alternativas, SL (gea21)

Ilustración y maquetación:
Andrés Espinosa

Edita:
Libros en Acción (la editorial de Ecologistas en Acción)
Marqués de Leganés 12, 28004 Madrid
Tel. 915312739 Fax: 915312611
www.ecologistasenaccion.org

Primera edición:
octubre 2014

Con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto.

ISBN: 978-84-940652-8-6
Depósito legal: M-27100-2014

Impreso en papel 100% reciclado, blanqueado sin cloro

En memoria de Antonio Estevan Estevan

Nos enseñaste a echar estas y otras cuentas
para desvelar las zonas en sombra
de las sociedades industriales.

Índice

Presentación 7

Introducción 9

Por qué aquí y ahora una contabilidad ecológica del transporte 9

Las cuatro dimensiones de las Cuentas Ecológicas del Transporte 13

Cómo miden las Cuentas Ecológicas del Transporte 22

Los indicadores sintéticos 24

Resultados que se derivan de las Cuentas Ecológicas del Transporte 26

Cuentas pendientes: la Tasa de Retorno Energético y la reposición de recursos 27

Las principales magnitudes del transporte en España 31

El transporte interior de personas 31

El transporte interior de bienes y mercancías 35

El transporte exterior de personas 39

El transporte exterior de bienes y mercancías 40

Sumando desplazamientos interiores e internacionales 43

La evolución del transporte en España en el periodo 1992-2007 43

El transporte en la crisis 46

Las infraestructuras y los vehículos 49

Dimensión de las infraestructuras 49

El parque de vehículos y la motorización 53

El peso de los vehículos 54

La energía en el transporte 57

Energía en la fase de desplazamiento o circulación 57

Síntesis y comparación de resultados en la fase de desplazamiento 70

Energía en la fabricación y puesta en uso de los vehículos 75

Energía en el mantenimiento de los vehículos 79

Energía en el mantenimiento y gestión del sistema 81

Energía en el fin de la vida útil de los vehículos 82

Energía en la construcción y mantenimiento de infraestructuras 84
Síntesis de los requerimientos energéticos del ciclo global del transporte 86
Veinte años de evolución de la eficiencia energética del transporte 89
Otros resultados en la esfera ambiental 91
Emisiones de gases de efecto invernadero 92
Emisiones y exposición a los contaminantes de la atmósfera 98
Ruido 100
Ocupación del territorio 101
Fragmentación del territorio 103
Resultados principales en la esfera monetaria 107
Costes globales de los desplazamientos 107
Costes unitarios de los desplazamientos 109
Las inversiones en infraestructuras 111
Balance fiscal 111
Resultados principales en la esfera social 115
Accidentalidad y riesgo 116
El empleo en el transporte 120
Tiempo dedicado al transporte 122
Autonomía respecto a los diferentes modos de transporte 126
Lo que relatan las cuentas de la movilidad 131
Acumulando décadas de explosión de la movilidad 131
La trascendencia de los modos “invisibles” 134
Hipermotorización 136
La burbuja de las infraestructuras de transporte 137
El reto de la ocupación para el transporte colectivo 141
La dependencia del transporte respecto al petróleo 144
Conclusiones 147

Presentación

En los últimos años el concepto de transporte o movilidad sostenible se ha introducido en el lenguaje habitual del discurso social y político. Las administraciones y gobiernos de todos los niveles, desde la Unión Europea hasta los ayuntamientos, han empezado a integrar en sus análisis y objetivos los de reducir las consecuencias ambientales y socioeconómicas negativas que tienen los desplazamientos de personas y mercancías.

A pesar de ello, el sector del transporte sigue siendo uno de los más difíciles de manejar desde la perspectiva de los grandes retos ambientales y sociales. Como señala la Agencia Europea de Medio Ambiente, los esfuerzos europeos para avanzar hacia modelos más sostenibles de movilidad no han sido suficientes para contrarrestar los efectos del crecimiento del número de viajes y de las distancias recorridas por los vehículos motorizados desplazando personas o mercancías[1].

Para profundizar en ese balance, resulta de gran utilidad contar con una información adecuada sobre la evolución de la movilidad y de sus consecuencias en las diferentes esferas que incluye el concepto de sostenibilidad: la esfera ambiental, la esfera social y la esfera monetaria. De ese modo, se podrá evaluar con mayor rigor si las intenciones de cambio que se apuntan en los discursos institucionales se traducen realmente en una transformación de fondo de un sector que representa hoy un quebradero de cabeza para numerosas políticas públicas como las de cambio climático, ahorro y autonomía de suministro energético, biodiversidad o salud.

Las Cuentas Ecológicas que aquí se presentan son una herramienta útil a esos efectos, ofreciendo un panorama completo y sistemático del significado ambiental, social y monetario-económico de esta actividad en España.

La metodología con la que se construyen estas cuentas se apoya en una serie de principios inspirados en el enfoque ecointegrador de la economía. A diferencia de otras metodologías, como por ejemplo la del cálculo de externalidades, las Cuentas Ecológicas o Integradas tienen la virtud de presentar las diferentes dimensiones de la Movilidad de un modo ordenado y en las unidades de medida propias de cada esfera de valores (sociales, físico-ambientales o monetarias), sin necesidad de recurrir a las controvertidas y muchas veces arbitrarias monetarizaciones de vidas humanas, salud o bienes ambientales.

La otra característica fundamental del enfoque de estas cuentas es la integración en el análisis de todas las fases que posibilitan el desplazamiento de personas, bienes y mercancías. Para que se produzcan los desplazamientos no solo se requiere el movimiento de los vehículos, sino también, previamente, su fabricación, la gestión de su circulación o la construcción de las infraestructuras que los soportan, en lo que se ha venido a denominar como **ciclo de vida de un sistema**, a semejanza del ciclo de vida de un producto.

Las Cuentas Ecológicas tienen además la ventaja de facilitar una interpretación fidedigna y

1 *Laying the foundations for greener transport. TERM 2011: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. European Environment Agency.* Copenhague, 2011. En la pág. 4 se puede leer al respecto: "A key issue addressed in each annual TERM report since the start was how growing transport demand negates many of the benefits of technology development".

completa de las aportaciones de las Administraciones Públicas al sistema de movilidad de un territorio, deshaciendo de ese modo las lecturas sesgadas de algunos agentes sociales o económicos sobre el papel de las inversiones o la financiación pública del sistema de desplazamientos.

La aplicación de esta metodología al ámbito nacional fue realizada en los años noventa del siglo pasado por parte del entonces Ministerio de Obras Públicas y Transportes, interesado en contar con información rigurosa sobre el balance fiscal y económico del Estado en relación a los diferentes modos de transporte y, de ese modo, ordenar la controversia sobre las aportaciones y los ingresos estatales de la carretera, el ferrocarril o la aviación[2]. Pero, desde entonces no se ha repetido ese ejercicio de clarificación, lo que revaloriza el interés del presente trabajo.

• • •

Dada la magnitud de la información manejada, la diversidad y, en ocasiones, complejidad de los métodos de cálculo se ha considerado conveniente presentar este trabajo en dos documentos diferentes para contribuir a su mayor legibilidad. Por un lado se ofrece una memoria descriptiva (Volumen I) y, por otro, una exhaustiva explicación de la metodología y de las fuentes empleadas (Volumen II)[3].

2 Una síntesis de los resultados de dichos trabajos forman el cuerpo metodológico y documental del libro *Hacia la reconversión ecológica del transporte en España*, de Antonio Estevan y Alfonso Sanz, publicado en la editorial La Catarata en 1996. Se puede descargar en la web de gea21 SL:
http://www.gea21.com/_media/publicaciones/hacia_la_reconversion_ecologica_del_transporte_en_espana.pdf

3 Este volumen puede consultarse en http://www.ecologistasenaccion.org/article27000.html

Introducción

Por qué aquí y ahora una contabilidad ecológica del transporte

En el caso de España, aunque la crisis frenó el nuevo ciclo de expansión de la movilidad que llevaba activo más de una década (1995-2007), el peso de esta actividad en indicadores como la emisión de gases de efecto invernadero ha seguido siendo preponderante, lo que sugiere que se trata de uno de los retos ambientales y sociales más difíciles y, por otro lado, más importantes a resolver en nuestro país[4].

Los medios de comunicación han registrado los excesos cometidos durante las dos últimas décadas en materia de movilidad y transporte: aeropuertos sin aviones, autopistas sin apenas coches, estaciones de AVE sin personas, cierre o bloqueo de servicios de tranvía, etc.; todo ello se ha traducido en agujeros económicos en todo tipo de administraciones (locales, autonómicas, central) que han apostado por infraestructuras y servicios de transporte de alto coste.

Bajo la excusa de un supuesto "déficit" de infraestructuras, todas las administraciones han realizado enormes inversiones en materia transporte, sin ajustarse en la mayor parte de los casos a un análisis económico riguroso, ni costes de oportunidad, ni contraste de alternativas. Tampoco se conocen realmente las dimensiones que han tomado los efectos sociales y ambientales de los desplazamientos.

Las Cuentas Ecológicas del Transporte o de la Movilidad son precisamente una herramienta de gran utilidad para saber lo que ha pasado, entender el presente y preparar el futuro: ¿qué esfuerzo económico público debe dirigirse al transporte en comparación con diversas necesidades sociales?, ¿qué inversiones económicas estatales son coherentes en las autopistas de peaje en quiebra?, ¿cuál es la política ferroviaria posible tras las inversiones en alta velocidad?, ¿se pueden reconvertir una decena de aeropuertos que no encuentran una función a la que servir? Esas y otras cuestiones se pueden afrontar mejor si se conocen a fondo los datos que conforman esta actividad.

También están presentes en los procesos de decisión política otras preguntas específicas sobre alternativas de transporte y movilidad como: ¿tranvía o buses mejorados?, ¿metro o restricciones circulatorias?, ¿peajes?, ¿alta velocidad, avión u otras opciones? Todas ellas pueden ser debatidas con más rigor y sin lugares comunes si se cuenta con una perspectiva global del modelo de movilidad. Y ese es precisamente el objetivo de las Cuentas Ecológicas del Transporte en España: conocer la potente matriz de esfuerzos individuales y colectivos que están en la base de nuestro modelo de movilidad.

Este planteamiento metodológico para aproximarse al sistema de movilidad y a sus implicaciones para la sostenibilidad puede emplearse en diferentes ámbitos territoriales de una cierta dimensión. En el caso de la Administración Central, las Cuentas Ecológicas pueden tener una gran utilidad de cara a clarificar varios de los debates sociales y políticos que la movilidad debe afrontar en el futuro.

4 Véase al respecto, por ejemplo, el Informe de *Sostenibilidad en España 2012*. Observatorio de la Sostenibilidad en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, 2012.

Por ejemplo, parece conveniente tener una referencia sistemática, como la ofrecida por estas cuentas, de las necesidades que, en términos económicos, energéticos o de materiales, tiene el sistema global de movilidad del país. O la contribución del sistema a las emisiones de gases de efecto invernadero y los compromisos adquiridos por España en relación a las mismas. Es interesante también desvelar cuál es el balance de inversiones y gastos del Estado en relación a la movilidad, no solo en referencia a las infraestructuras, sino al conjunto del ciclo completo que requieren los desplazamientos.

Esta modalidad de cuentas del transporte se elaboró por primera vez hace casi veinte años, sin embargo la situación ha cambiado sustancialmente y hace falta volver a realizar un esfuerzo para deshacer tópicos y cálculos interesados. Cada sector del transporte o la movilidad hace estimaciones a su medida para justificar sus reclamaciones: el de la carretera afirmando que paga en impuestos mucho más que las inversiones que recibe; el del ferrocarril de alta velocidad ofreciendo resultados energéticos y de emisiones excelentes, el de la aviación manifestando reducciones de emisiones drásticas, el del automóvil mostrando vehículos "ecológicos", "limpios" y sin problemas ambientales.

Esa preocupación de cada sector o grupo de intereses por ofrecer un perfil ambiental y social más apropiado entronca, también, con la elaboración de un discurso institucional unánime sobre la importancia de emprender reformas en el modo en que resolvemos nuestras necesidades de desplazamiento de personas y mercancías. Así, por ejemplo, una decena de estrategias y planes estatales en diversos campos de las políticas públicas tienen a la movilidad sostenible como referencia fundamental de sus análisis, objetivos y actuaciones previstas.

Todos los documentos oficiales sobre los problemas de cambio climático, calidad del aire, ruido, biodiversidad, energía, salud, etc., apuntan a la importante contribución del transporte y la movilidad a su envergadura actual, así como la que puede también tener para paliarlos. La tabla siguiente puede dar idea de la importancia que puede alcanzar disponer de un conocimiento suficiente de una actividad como es la movilidad, la cual afecta a la mayor parte de los vectores ambientales y sociales en crisis.

Tabla 1. Estrategias estatales relacionadas con la movilidad

Estrategia	Importancia para la movilidad sostenible	Normativa y planes relacionados
Estrategia Española de Desarrollo Sostenible (2007)	Identifica el desarrollo de Planes de Movilidad Sostenible como medida necesaria para la mejora de la movilidad en áreas urbanas y metropolitanas	-
Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2012 (2007)	Su objetivo principal es el cumplimiento de los compromisos españoles en relación al cambio climático y, en particular, el Protocolo de Kioto, a través de diversas medidas entre las que destacan las relativas a la reducción de emisiones en sectores difusos como el transporte	Fiscalidad de los vehículos en relación a las emisiones de CO_2 Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2009)
Estrategia Española de Calidad del Aire (2007)	Sus directrices exigen cambios normativos que afectan a la movilidad, sobre todo en los ámbitos urbanos	Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. Plan Aire (2013). Plan Nacional de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera 2013-2016
La Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local (2011)	Apuesta por la movilidad sostenible en el ámbito urbano, desarrollando objetivos, directrices y líneas de actuación coherentes con ese concepto	Ley del Suelo de 2008 Ley del Ruido de 2003
Estrategia Española de Movilidad Sostenible (2009)	Se debe convertir en un estímulo fundamental para el cambio hacia la nueva cultura de la movilidad urbana	Ley de Movilidad Sostenible (borradores de anteproyecto)
Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4) (2003)	Los planes de acción de esta estrategia están financiando numerosos planes y proyectos de movilidad sostenible	Fiscalidad de los vehículos en relación a la eficiencia energética Plan de Acción 2008-2012
Estrategia para una Economía Sostenible (2009)	Propone la renovación del modelo de crecimiento económico, con incorporación de la sostenibilidad, lo que se traduce en un reparto modal en la movilidad más favorable a los modos colectivos y no motorizados	Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible
Estrategia NAOS para la nutrición, actividad física y prevención de la obesidad (2005)	Incluye medidas dirigidas a incentivar la actividad física en la vida cotidiana, incluyendo los modos activos de desplazamiento (a pie y en bici)	Ley 33/2011, de 4 de octubre, General de Salud Pública
Estrategia Española para la Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica (1998)	El transporte es contemplado como uno de los sectores de mayor incidencia en la diversidad biológica, lo que exige la coordinación de los planes sectoriales correspondientes con los criterios de biodiversidad	Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad
Marco Nacional de Desarrollo Rural 2007-2013	Indica el desequilibrio existente en el reparto carretera-ferrocarril del transporte de mercancías. Y, entre las amenazas que desvela, las derivadas de la creación de infraestructuras de transporte	Ley 45/2007 para el desarrollo sostenible del medio rural. Plan Estratégico Nacional de Desarrollo Rural 2007-2013
Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020	Presenta un enfoque en el que la seguridad forma parte de algo más amplio como es la movilidad sostenible y segura	Ley 6/2014, de 7 de abril, por la que se modifica el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.

En consecuencia, a pesar de ser una herramienta sectorial, las Cuentas Ecológicas del Transporte tienen una gran transversalidad y, por tanto, se pueden convertir en un instrumento de utilidad para el debate sobre todos los aspectos ambientales, sociales y económicos que confluyen en la crisis presente y en las alternativas futuras que puedan generarse.

Además, como señala la Unión Europea la introducción de la movilidad sostenible es una tarea con un fuerte componente cultural[5], lo que exige cambios de mentalidad en todos los sectores sociales, técnicos y políticos. Estos cambios de actitud, percepción y comportamientos se dan con mucha mayor fluidez si están engrasados con una adecuada información sobre las consecuencias locales y globales de nuestro modo de vida, del patrón de movilidad en este caso.

5 *Libro Verde. Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana.* [COM(2007)551 final]

Por ese motivo, la elaboración de estas Cuentas Ecológicas del Transporte en España puede ser una contribución útil, además de novedosa, a las exigencias de una nueva etapa social, ambiental y económica.

A ese respecto, hay que señalar que los imaginarios colectivos y de las instituciones sobre el futuro del transporte y nuestro modelo de movilidad siguen anclados, a pesar de la crisis, en la esperanza de volver a la senda de las últimas décadas, aderezada, eso sí, con objetivos de reducción de emisiones y de otros efectos negativos en el plano ambiental y social.

En el ámbito nacional e internacional, las principales instituciones y agentes sociales y económicos mantienen una confianza sólida en que los retos ambientales del transporte se van a superar incluso en escenarios de crecimiento de los desplazamientos. Las perspectivas de la evolución del transporte que difunden siguen proyectando crecimientos del número de vehículos, kilómetros recorridos y mercancías y personas desplazadas. Solo los ritmos son diferentes en función de las zonas del planeta sobre las que se plantean los escenarios de futuro[6].

Es sintomático a ese respecto que en el último *Libro Blanco del Transporte de la Comisión Europea, la Hoja de Ruta del Transporte 2050*, se "esboza un ambicioso plan para aumentar la movilidad y reducir las emisiones" según indicaban los propios servicios de prensa de la institución[7].

La crisis que vive España, traducida a una reducción de buena parte de los parámetros del transporte, se considera en esas mismas visiones institucionales como un episodio temporal y local en un contexto de crecimiento planetario[8]. Al mismo tiempo, esa crisis económica ha servido de excusa para dejar en segundo plano una de las facetas más preocupantes de la evolución del transporte en España: su contribución al cambio climático y al alejamiento de los compromisos nacionales en términos de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, el problema sigue creciendo inexorablemente, como indican los sucesivos informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés).

En definitiva, conocer los datos de fondo del transporte, sus exigencias ambientales, sociales y monetarias, parece un requisito imprescindible para poder valorar la idoneidad de nuestro modelo de movilidad y la coherencia de esas proyecciones con otras necesidades de la sociedad actual.

6 Un ejemplo de esas proyecciones hacia el futuro es el informe *Global Transport Scenarios 2050*, del World Energy Council (Londres, 2011)

7 Press Release Database. Bruselas, 28 de marzo de 2011.

8 Por ejemplo, el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda 2012-2024 del Ministerio de Fomento, apuesta por un crecimiento moderado pero continuo de las variables básicas de la movilidad durante su vigencia.

Las cuatro dimensiones de las Cuentas Ecológicas del Transporte

Para abordar el análisis del transporte desde el enfoque ecointegrador, las estadísticas económicas y sectoriales al uso resultan insuficientes o inadecuadas. En general, su estructura y su contenido tienden a dejar en la sombra numerosos datos y tendencias que resultan relevantes desde el punto de vista de la sostenibilidad.

El planteamiento del presente trabajo pretende ampliar el análisis convencional desde una cuádruple perspectiva:

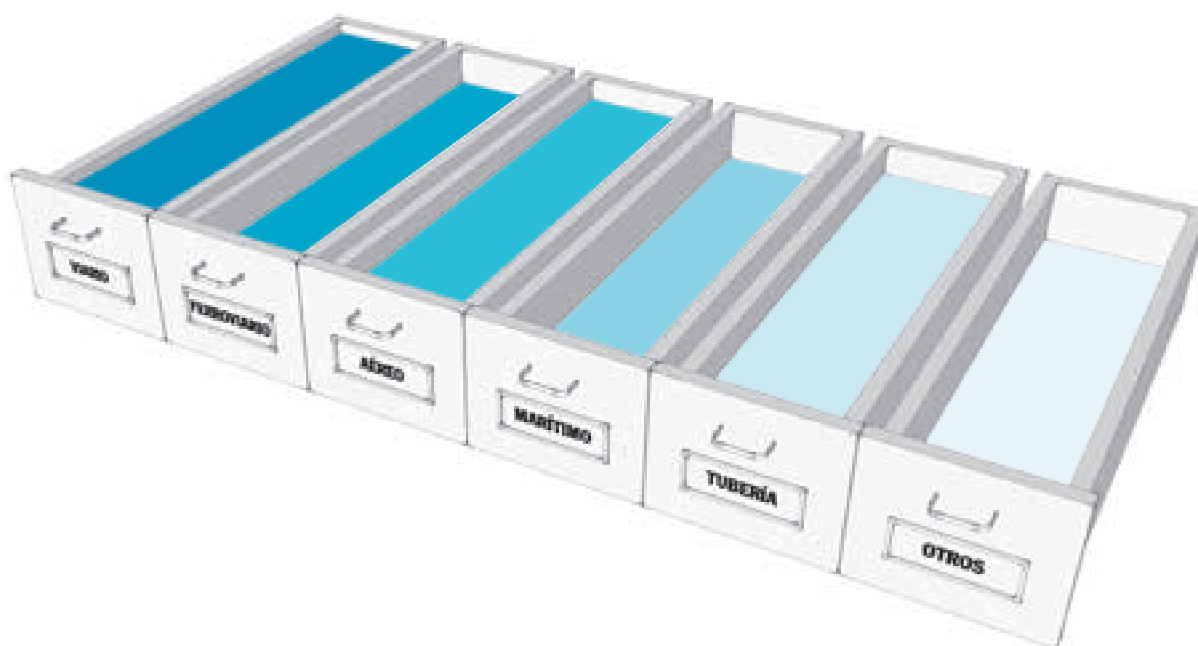
- los modos y medios de transporte incluidos en el transporte
- las esferas de valor con las que se relaciona el transporte
- las fases del ciclo completo del transporte
- el tiempo

Esta cuádruple dimensión queda bien ilustrada a través de lo que se podría denominar como el "**archivador de las cuentas ecológicas del transporte**" cuya composición y características se describen a continuación.

Primera dimensión: modos y medios

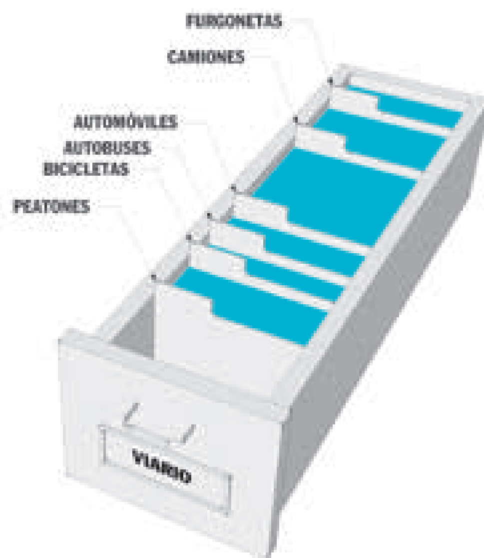
La consideración de los modos de transporte objeto de estudio se completa aquí con la incorporación de algunos modos que habitualmente resultan invisibles a la contabilidad del sector, como pueden ser el transporte de agua y energía por tubería, o los desplazamientos de personas a pie y en bicicleta. Igualmente, ganan en relevancia medios, segmentos o servicios que por resolverse en buena parte fuera de nuestro espacio de vida cotidiano, no lo perturban de modo directo, como es el transporte marítimo internacional de mercancías.

Figura 1. Los modos de transporte analizados



Para comprender mejor la complejidad y extensión de la actividad transporte, conviene recordar que en cada uno de esos modos se desarrolla una compleja variedad de medios de desplazamiento y de modalidades de servicio de transporte. Baste el ejemplo del modo viario para ilustrarlo.

Figura 2. Los medios de transporte en el modo viario

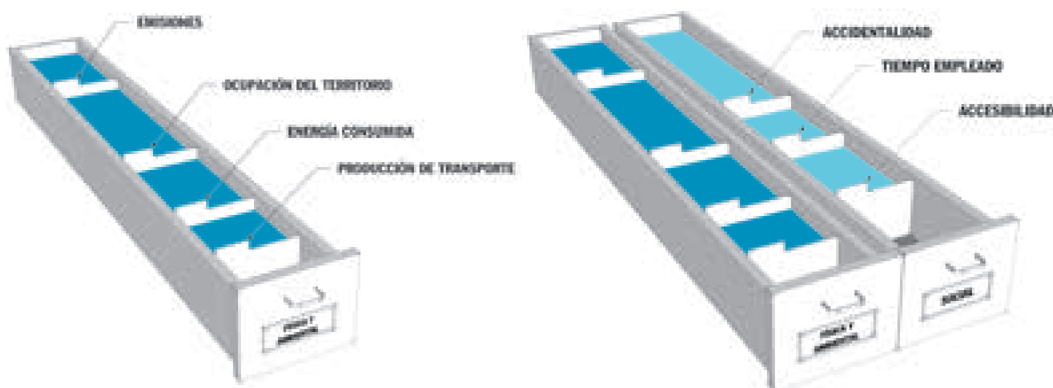


Segunda dimensión: esferas de valor

Cada uno de esos modos y medios de transporte se puede analizar desde perspectivas diferentes que se corresponden con alguna de las tres esferas de valor consideradas en la economía de enfoque ecointegrador: ambiental, social y monetaria.

Como luego se explicará con mayor detalle, en la esfera ambiental se incorporan los análisis de las magnitudes físicas tanto de los desplazamientos como de sus consecuencias y requerimientos ambientales, entre los que destacan los incluidos en la siguiente figura.

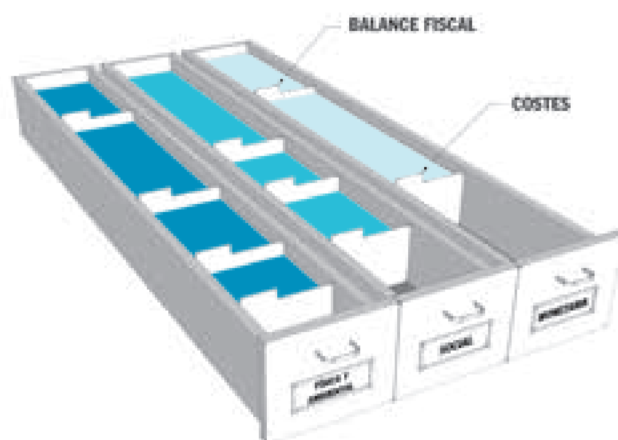
Figuras 3 y 4. Perspectivas de análisis de la esfera ambiental y social



En la esfera social, el análisis se centra sobre todo en aspectos relacionados con la salud, el bienestar y la equidad, a través de parámetros como la accidentalidad o el tiempo dedicado al transporte.

Por último, en la esfera económica, obviando los flujos financieros por desbordar las posibilidades del presente trabajo, se tienen en cuenta los costes monetarios convencionales y los intercambios que el sector mantiene con el Estado o balance fiscal:

Figura 5. Perspectivas de análisis de la esfera monetaria



Tercera dimensión: las fases del ciclo global del transporte

Se trata en este caso de ampliar el punto de vista de las cuentas económicas convencionales de carácter sectorial en consonancia con la ampliación del concepto de "movilidad" o "transporte" al conjunto del ciclo productivo del sector, que ya no queda limitado a lo que las clasificaciones económicas al uso consideran como "actividades de transporte" (actividades consistentes en el movimiento de personas o cosas), sino que incorpora las numerosas actividades industriales y de servicios que integran la cadena de producción del transporte, antes y después de realizarse el movimiento en sí.

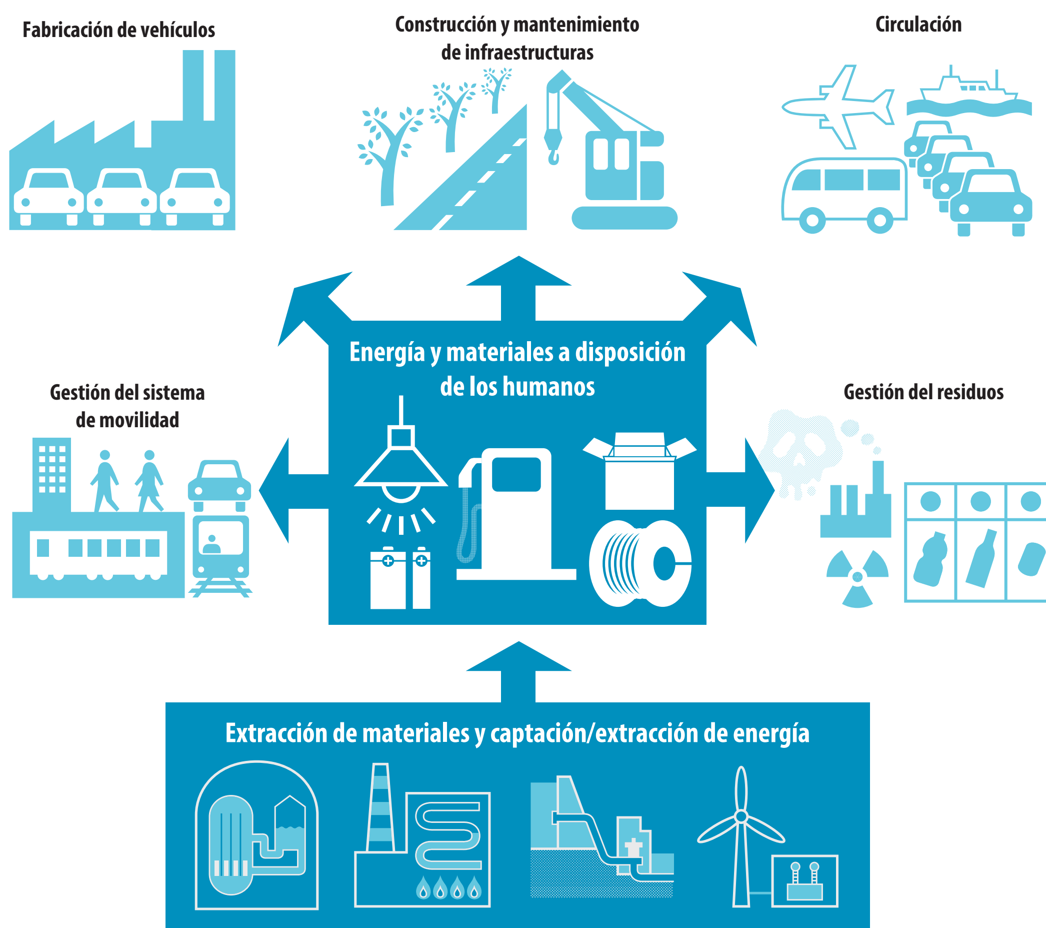
Este enfoque se describe gráficamente como un análisis que va **"desde la mina hasta el vertedero"**, esto es, desde que se extraen minerales para la construcción de un vehículo, hasta que se elimina el vehículo, una vez cumplido su ciclo de vida útil, incluyendo todas las actividades que hicieron posible su circulación: construcción de infraestructuras, organización y mantenimiento del sistema de transportes, etc.

Tabla 2. Fases del ciclo global del transporte

FASE 0 Extracción y procesado de materiales y energía	Recursos correspondientes a las necesidades del conjunto de fases del sistema de transportes
FASE 1 Fabricación de vehículos	Conjunto de actividades que tienen como finalidad la fabricación y venta de los vehículos
FASE 2 Construcción de infraestructuras	Actividades de construcción de redes de circulación y de espacios para el estacionamiento de vehículos
FASE 3 Tránsito o circulación	Actividades directamente ligadas al desplazamiento de los vehículos, tanto en la circulación privada como en la prestación de servicios de transporte
FASE 4 Mantenimiento del sistema de transportes	Actividades de reparaciones, servicios y administración necesarias para el mantenimiento del sistema
FASE 5 Gestión de residuos	Actividades ligadas a la eliminación de los vehículos obsoletos y de otros residuos generados a lo largo del proceso de producción del transporte, como los derivados de la construcción de infraestructuras

El ejemplo del análisis energético puede servir para indicar el modo en que se desarrolla esta dimensión, en la medida en que la energía del transporte debe contemplar no solo la empleada en la circulación de vehículos o el movimiento de bienes y mercancías, sino en todas las fases que permiten dichos desplazamientos.

Figura 6. La energía en el ciclo de vida del transporte



Esta manera de comprender el sistema de movilidad tiene la virtud de integrar los aspectos locales y los aspectos globales de la sostenibilidad que, en otros enfoques pueden hacerse sombra mutuamente. Así, por ejemplo, la apuesta por los vehículos eléctricos deja de ser una opción "sin emisiones", como a veces se publicita mostrando solo sus repercusiones locales, y pasa a ser una opción que presenta impactos en otros lugares del planeta, todo lo cual ha de ser puesto en la balanza. Analizar los impactos completos de una actividad es una exigencia no solo del rigor del conocimiento, sino de la propia asignación de responsabilidades a efectos de las políticas como las del cambio climático o del ahorro energético.

Siguiendo la descripción a través del "archivador de cuentas", la tercera dimensión tendría la siguiente representación:

Figura 7. Las fases que constituyen el transporte



En síntesis, las Cuentas Ecológicas del Transporte se despliegan en una compleja red de subcuentas interrelacionadas que generan una matriz tridimensional de cifras en la que el primer eje son los modos de transporte, el segundo lo constituyen las esferas de valor consideradas y, el tercero, las fases de la actividad que conforman el ciclo del transporte.

Figura 8. Archivador de las cuentas ecológicas del transporte



Cuarta dimensión: el tiempo

Para rematar la comprensión de la envergadura del planteamiento aquí expuesto, hay que indicar que no se ha construido un único archivador de Cuentas, sino uno para cada año de referencia, 2007 y 2012, aunque en ocasiones se haya tenido que ampliar el análisis a un periodo más amplio, para poder comprender tendencias y periodos de amortización. También se ha aprovechado el "armario de cuentas" creado en los años noventa en los trabajos y publicaciones que dieron origen a esta metodología. En particular la base documental expuesta en el libro *Hacia la reconversión ecológica del transporte en España*[9], cuya referencia es el año 1992.

Figura 9. Los archivadores de referencia (1992, 2007 y 2012)



Los motivos para la elección de esos años de referencia tienen que ver con la estrecha relación del sector con la crisis iniciada en 2007, que rompió las tendencias de crecimiento del transporte, así como con la escasa disponibilidad de datos de fechas más recientes, pues las fuentes documentales suelen llevar un desfase de dos años hasta su publicación.

Los desplazamientos que se incorporan a la contabilidad ecológica

Los seres humanos nos desplazamos y desplazamos bienes de modos muy diversos, y también aprovechamos los propios desplazamientos de la naturaleza para nuestros fines. Así ocurre, por ejemplo, con los cursos fluviales para disponer de agua o con los vientos para secar la ropa o los alimentos.

La contabilidad integrada o ecológica que aquí se pretende elaborar se restringe al análisis de los desplazamientos de personas y materiales en los que existe una intención e interviene directamente el ser humano; es decir, en los que convergen infraestructuras, vehículos y normas, dejando para otros análisis y disciplinas los desplazamientos ajenos a la intención humana.

9 De Antonio Estevan y Alfonso Sanz. Editorial Los Libros de La Catarata en 1996. Descargable en la web: www.gea21.com/_media/publicaciones/hacia_la_reconversion_ecologica_del_transporte_en_espana.pdf

La disciplina económica convencional del transporte (Economía del Transporte) emplea un campo de estudio que parece bastante semejante al que se acaba de señalar[10], pero centra su atención en algunos modos de desplazamiento como la carretera, el ferrocarril, el aéreo y el marítimo. De ese modo, el transporte por tubería (agua, gas, petróleo), por cable (electricidad) o por ondas (telecomunicaciones) suele escaparse al análisis del sector del transporte; unas veces debido a que su gestión se ha mantenido históricamente en departamentos distintos de la administración e incluso en corporaciones técnicas diferentes, y otras veces debido a la dificultad de integración en una contabilidad común, como es el caso del transporte de información o telecomunicaciones[11].

El resultado es que, por ejemplo, el desplazamiento del bien más importante en términos de necesidad vital y de volumen que realizamos diariamente los humanos, el agua, no se incorpora nunca a la reflexión sobre los problemas de transporte. Como tampoco lo hace el transporte de la energía, por cable o por tubería, que se encuentra en los fundamentos de todo el sistema económico.

En las presentes Cuentas Ecológicas se incorporan algunas reflexiones sobre esas modalidades que habitualmente quedan segregadas del análisis y la estadística del transporte, ofreciéndose así un panorama más preciso de la envergadura que ha adoptado esta faceta de la actividad humana en el presente modelo social y económico.

En cualquier caso, dado que las experiencias previas de Contabilidad Ecológica se centraron en los modos convencionales (carretera, ferrocarril, marítimo y aéreo), los resultados se ofrecerán aquí también segregados, con el fin de poder realizar comparaciones con los que se obtuvieron en los años noventa del siglo pasado, o con las Cuentas Ecológicas o Integradas de ámbito autonómico que se han realizado en estas dos décadas[12].

Igualmente, se incorporan a estas Cuentas Ecológicas las cifras de un conjunto de desplazamientos que no encajan en absoluto en las categorías de la economía de raíz neoclásica o convencional. En particular, se contemplan los datos de la movilidad no motorizada, peatonal y ciclista, que clarifican otra de las limitaciones del objeto de estudio de esa corriente dominante de la economía: la reducción del objeto de estudio a las actividades que pueden ser apropiadas y valoradas[13]. Caminar o pedalear son actividades que no pueden ser apropiadas o valoradas/intercambiadas por los agentes económicos, lo que les conduce a desaparecer del análisis económico convencional.

10 En el manual *Economía del transporte* (Antoni Bosch Editor, Barcelona, 2003), de Ginés de Rus, Javier Campos y Gustavo Nombela, se define el transporte como "el conjunto de actividades económicas que permiten el movimiento de mercancías e individuos de un lugar a otro".

11 Es indicativo a este respecto que la división conceptual-administrativa alcanza a la propia Comisión Europea, la cual concentra sus competencias en el transporte en dos grandes áreas, la Dirección General de Energía (ENER), que atiende las redes eléctricas y de tuberías para el transporte de productos petrolíferos y gas; y la Dirección General de Movilidad y Transporte (MOVE).

12 *Diagnóstico, objetivos y estrategias de sostenibilidad del transporte en las Islas Baleares*, Gea21 SL. Govern de las Illes Baleares, Mallorca, 2001. *El sistema de movilidad en Andalucía: una perspectiva inicial desde la Economía Ecológica*, Manuel Calvo, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla, 2008.

13 Una reflexión sobre las limitaciones del encaje del transporte en la economía neoclásica puede verse en el artículo "Transporte, economía, ecología, poder. La economía de la movilidad desde un enfoque ecointegrador". A. Sanz. Revista *Ekonomiaz*, nº 73. Vitoria-Gasteiz, 2010. http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3291061

Otro aspecto fundamental de la metodología de estas Cuentas Ecológicas es el nivel de desagregación, dentro de cada modo, en submodos o medios de transporte. Por ejemplo, dentro del modo viario (carretera) hay una enorme variedad de medios de locomoción con rasgos muy diferenciados en cuanto a su objeto de desplazamiento (personas, mercancías, mixto) y, también, con respecto a sus exigencias energéticas y de materiales o en cuanto a sus impactos ambientales y sociales. Camiones, furgonetas, automóviles, motocicletas, ciclomotores, autobuses de diferente capacidad, microbuses, bicicletas, etc., forman un universo extraordinariamente complejo que hace falta agregar con determinados criterios para hacerlo manejable a la hora de la recopilación de datos y de su análisis.

En alguno de esos submodos o medios de transporte es necesario hacer desagregaciones adicionales pues, por ejemplo, no tiene los mismos requerimientos ni consecuencias ambientales un automóvil de pequeño tamaño que un automóvil grande de los denominados "todoterreno"; ni un automóvil de gasolina que otro eléctrico. Otras veces, la desagregación se deduce de la propia fuente de información, estableciéndose categorías generadas históricamente por el sector o las propias empresas operadoras; este es el caso del ferrocarril de ámbito nacional, en el que es conveniente partir de la propia desagregación de servicios que ofrece Renfe: AVE y largo recorrido, media distancia, cercanías.

En la tablas 3 y 4 se ofrece, por tanto, una primera aproximación a la desagregación entre modos y medios de transporte que guiará la búsqueda de información en estas Cuentas Ecológicas.

Tabla 3. Desagregación operativa de los modos y medios en el transporte de materiales y energía

Viario	Ferroviario	Marítimo	Aéreo	Cable y tubería
Camiones	Trenes de mercancías interiores	Internacional	Vuelos de carga	Gaseoducto
Furgonetas	Trenes transfronterizos	Cabotaje	Mercancías en vuelos de personas	Oleoducto
		Mercancías en buques mixtos de personas y carga		Electricidad
				Agua

Tabla 4. Desagregación operativa de los modos y medios en el transporte de personas

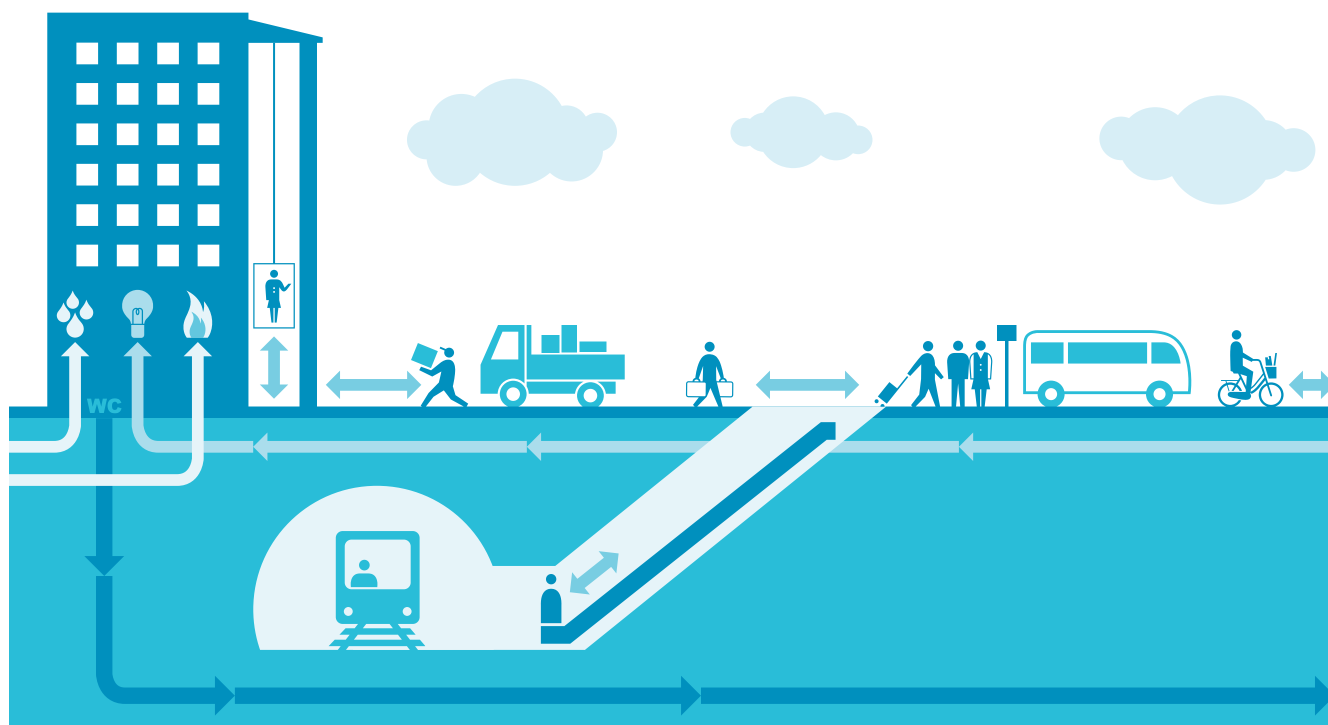
Viario	Ferroviario	Marítimo	Aéreo	Cable
Automóviles	AVE y largo recorrido	Ferries	Interior	Funiculares y otros medios guiados
Autobuses urbanos	Media distancia	Otros servicios de corto recorrido	Internacional	Ascensores, escaleras y rampas mecánicas
Autobuses interurbanos regulares	Cercanías			
Servicios discrecionales en autobús	Ferrocarriles autonómicos			
Taxi	FEVE			
Motocicletas	Metros			
Bicicletas	Tranvías			
A pie				

Teniendo en consideración que para cada medio de transporte se van a realizar, en la medida de lo posible, matrices del ciclo global como las indicadas anteriormente, se puede comprender la envergadura de la tarea y la necesidad de realizar simplificaciones en función de la disponibilidad de datos en el ámbito estatal.

Algunas de las simplificaciones tienen que ver con la dificultad de atender el que suele ser último eslabón de los desplazamientos derivados del suministro de bienes, energía y materiales. La distribución de agua, gas o electricidad, el acarreo de mercancías desde el automóvil propio o la furgoneta de reparto, y el desplazamiento de residuos sólidos o líquidos, tienen dimensiones que no quedan registradas en ninguna estadística convencional, de manera que es necesario desarrollar hipótesis y estimaciones novedosas para tener una idea de su dimensión e importancia.

La figura siguiente ejemplifica, en el caso de un edificio de viviendas en altura, algunas de las carencias que se acaban de exponer, muchas de ellas tampoco resueltas en las presentes Cuentas. Se trata de etapas de viaje y modos que resultan invisibles a las estadísticas oficiales del transporte pero que son esenciales para comprender el sistema de movilidad del país. El transporte (suministro según el vocabulario construido en este sector de actividad) de agua (limpia y sucia), gas y electricidad; los desplazamientos verticales (ascensores y escaleras mecánicas) en edificaciones o infraestructuras de transporte; los trayectos peatonales entre las edificaciones y los vehículos o las estaciones del transporte colectivo; los desplazamientos de maletas y mercancías de último tramo, con carritos de compra, carretillas o directamente sostenidas por las personas.

Figura 10. Los desplazamientos invisibles: la escala doméstica



Cómo miden las Cuentas Ecológicas del Transporte

Al ampliar el campo de análisis más allá del ámbito de los intercambios monetarios, incluidos nítidamente en la esfera monetaria, se plantea cómo clasificar el heterogéneo conjunto de valores o magnitudes que han de ser incorporados a las Cuentas. Los criterios de clasificación deben de facilitar, por un lado, la recogida de información partiendo de las bases existentes y, por otro, deben permitir establecer las Cuentas con una estructura general sencilla y operativa, que facilite su utilización.

A esos efectos, las Cuentas Ecológicas del Transporte agrupan los valores no monetarios o de cambio en dos grandes esferas o sistemas: la esfera ambiental y la esfera social. Dentro de cada una de ellas cabe distinguir diversos subsistemas parciales. Así, por ejemplo, el conjunto de los flujos energéticos puede contemplarse como un subsistema específico dentro de la esfera o sistema ambiental.

En la Cuenta Ambiental se computan las relaciones del transporte con el sustrato físico sobre el que se desarrolla esta actividad, esto es, las relaciones entre el transporte y la Naturaleza: flujos de energía, flujos de materiales, flujos de contaminación, ocupación de suelo, etc. Cada uno de estos aspectos da lugar a una subcuenta o cuenta temática específica: cuenta energética, cuenta de materiales, etc. Las unidades de cómputo son en general unidades físicas: energía, masa, longitud, superficie, etc.

En la Cuenta Social se computan los efectos que causan las actividades de transporte sobre una gama muy amplia de valores sociales: integración y cohesión social, seguridad de las personas, etc. En este terreno es posible en algunos casos establecer mediciones cuantitativas (riesgo de accidente, equidad en el acceso a los medios de transporte), mientras que en otros solo caben descripciones cualitativas de los problemas que desbordan el presente trabajo. Otros aspectos combinan lo cualitativo y lo cuantitativo. Por ejemplo, la percepción del riesgo de accidente, que es determinante en el uso de los diversos medios de transporte, solo puede abordarse desde una investigación sociológica que combine técnicas diversas y que está por hacer en España.

En la Cuenta Monetaria tienen cabida, por último, las contabilidades económicas usuales, con los diferentes enfoques o perspectivas con que se aborda la descripción del sistema económico: cuentas sectoriales, cuentas nacionales, etc. Obviamente, en todos los casos las unidades de medida son unidades monetarias.

El cruce entre esas tres esferas de valor y las seis fases del ciclo global de la movilidad conducen a matrices con la siguiente estructura para cada modo o medio de transporte:

Tabla 5. Matriz de afecciones del ciclo global del transporte

	Esfera ambiental Afecciones ambientales	Esfera social Afecciones sociales	Esfera Monetaria Producción monetarizada
Fase 0 Extracción y procesado de materiales y energía	Consumo de materiales Consumo de energía Residuos líquidos, sólidos y gaseosos	Desigualdades laborales en la minería e industrias de transformación y refino de materiales y combustibles necesarios para las demás fases	Industria de la extracción de minerales y energía Industria de procesado de materiales y energía
Fase 1 Fabricación de vehículos e infraestructuras	Consumo de materiales Consumo de energía Residuos líquidos, sólidos y gaseosos	Desigualdades laborales en la industria de fabricación de vehículos o infraestructuras de transporte	Industria de la fabricación de vehículos Industria de material de transporte Industria de fabricación de tuberías e infraestructuras de transporte de electricidad
Fase 2 Construcción de infraestructuras	Consumo de materiales Consumo de energía Residuos líquidos, sólidos y gaseosos Artificialización del suelo Afecciones al paisaje y la biodiversidad	Segregación territorial	Sector de la obra pública
Fase 3 Circulación de vehículos o tránsito de personas	Consumo de energía Ruido Residuos gaseosos	Accidentes Percepción del riesgo y del peligro y transformaciones del comportamiento derivadas de dicha percepción Pérdida de autonomía de diferentes colectivos Pérdidas de comunicación Desigualdades Congestión	Servicios de transporte, suministro y distribución de energía y agua
Fase 4 Mantenimiento del sistema	Consumo de materiales Consumo de energía Residuos líquidos	Accidentes profesionales y accidentes "in itinere"	Mantenimiento de redes, reparaciones, seguros, autoescuelas, certificaciones de seguridad, sistemas de gestión de redes
Fase 5 Gestión de residuos	Consumo de materiales Consumo de energía Residuos sólidos	Desigualdades en la localización de depósitos y emisiones de residuos	Recuperación, depósito y reciclaje de residuos
Ciclo global	Cuantificación de afecciones ambientales totales Cuenta ambiental	Sistematización y cuantificación de afecciones sociales Cuenta social	Producción de transporte Cuenta monetaria

Los indicadores sintéticos

Las afecciones que conforman la matriz anterior tienen una amplia gama de unidades de medida. Cabe entonces preguntarse si existe algún indicador que sintetice globalmente las que resultan de cada modo o medio de transporte, o que tenga capacidad explicativa suficiente para ofrecer comparaciones simplificadas entre ellos.

Hay que advertir de que los indicadores para describir un fenómeno o una magnitud son elementos clave de la propia explicación que se quiere ofrecer. Por ese motivo, la selección del indicador es, en sí misma, un marco de pensamiento.

No es así de extrañar que cada grupo de interés elija para relatar sus logros los indicadores que les resultan más favorables en el ámbito de los impactos ambientales, sociales o económicos. Así, por ejemplo, el ferrocarril presenta su evolución histórica como un éxito en la descarbonificación, sobre todo cuando las reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero proceden especialmente de una transformación hacia las renovables de parte de la generación eléctrica[14].

Por su parte, los grupos de interés alrededor de la carretera encuentran también argumentos en la comparación de alternativas y rebaten los que emplean los del ferrocarril. Así, por ejemplo, la European Automobile Manufacturers Association (ACEA), que representa los intereses de quince grandes fabricantes de vehículos de carretera (automóviles, camiones y autobuses), viene insistiendo en que "ningún modo de transporte es más amistoso ambientalmente 'per se'. En transporte, los resultados ambientales de cada modo dependen de diversas circunstancias. Por ello cada caso particular tiene que ser considerado, si queremos tomar en serio el desafío del cambio climático y queremos seleccionar la opción más amistosa con el clima para cada tarea de transporte"[15].

Para reforzar esa argumentación ACEA menciona estudios comparativos de cuyos análisis se deduce que el transporte de mercancías en camión puede ser la opción de menor emisión de gases de efecto invernadero en diversas circunstancias y en comparación con el ferrocarril o el transporte marítimo[16].

Otra manera de arrimar el ascua de los indicadores a la propia sardina es resaltar una trayectoria y extenderla hacia el futuro, tal y como hace, por ejemplo, el sector de la aviación al expresar sus éxitos en materia de gases de efecto invernadero. Según la Agencia Internacional de Aviación Civil (IATA) entre 1990 y 2012 las compañías aéreas han mejorado su eficiencia energética en un 46%[17] y la nueva generación de aviones (Airbus 380 y Boeing 787) tiene un consumo energético por persona-km mejor que cualquier automóvil compacto del mercado[18].

14 Según el *Informe Anual de Renfe 2012* (página 148), las emisiones de gases de efecto invernadero pasaron de 46,56 gramos de CO_2 por unidad transportada en 1990 a 26,62 en 2012.

15 Comentarios de junio de 2011 de ACEA al Libro Blanco de la Comisión Europea denominado *Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible*. Bruselas, 28.3.2011 COM(2011) 144 final.

16 *Comparison of energy demand and emissions from road, rail and waterway transport in long-distance freight transport.* PE INTERNATIONAL GMBH. Leinfelden – Echterdingen. Alemania, 2010. En su página 37, este informe ofrece unas cifras comparativas del transporte de mercancías pesadas en contenedor, en las que las emisiones de dióxido de carbono equivalente son superiores en los trenes de 500 Bt (46 gr CO_2/t-km) que en los camiones de 40 t (36 gr CO_2/t-km).

17 *Airlines worldwide: The value they create and the challenges they face*. Brian Pearce IATA Chief Economist (www.iata.org/economics) Julio de 2013.

18 IATA Economics Briefing nº 2: *Aviation Taxes and Charges*. IATA Economics. Noviembre de 2005.

De las características que se suele exigir a los indicadores en el campo de la sostenibilidad destacan las siguientes a efectos de las presentes Cuentas:

- Relevantes
- Fáciles de interpretar
- Sensibles a los cambios internos
- Estables ante los cambios externos
- Verificables y reproducibles
- Sencillos de obtener

El primer criterio no presenta dudas, se trata de encontrar indicadores que sean significativos para comprender la actividad objeto de análisis. Pero el segundo criterio suele ser más peliagudo, pues muchas veces los indicadores solo son comprensibles para personas con una elevadísima especialización. Por ejemplo, cuando los medios de comunicación airean las cifras de kilos o toneladas de emisiones de CO_2 de una determinada actividad, la inmensa mayoría de la población desconoce si la cifra es elevada o no, pues no está dentro de su marco de referencia cotidiana. Ese es el motivo por el cual en estas Cuentas no se emplea como indicador sintético de la esfera ambiental la magnitud de dichas emisiones, tal y como sí se hizo en los trabajos de los años noventa.

El rasgo de que sean sensibles a los cambios internos debe ser simultáneo al de su estabilidad ante los cambios externos. Estos criterios son difíciles de cumplir cuando interviene el sistema eléctrico en el cómputo de algún indicador. Este es el caso tanto de las emisiones de gases de efecto invernadero como de la energía primaria consumida en los modos y medios de propulsión eléctrica, indicadores que dependen de la combinación de fuentes de generación eléctrica que se haya dado en un año particular. En esos casos, las variaciones de factores como la pluviosidad (mayor o menor generación de hidroelectricidad) o el marco institucional que regula los precios y los estímulos de cada fuente energética, modifican los resultados de emisiones y consumo energético primario de los vehículos eléctricos, sin reflejar obviamente la mejora o empeoramiento de la eficiencia interna de dichos modos.

Para cumplir el criterio de que el indicador sea verificable y reproducible se ha realizado un esfuerzo de explicación detallada de la manera en la que se han empleado las fuentes y realizado los cálculos de cada parámetro de referencia (véase el *Volumen de Metodología*[19]).

Finalmente, hay que señalar que el último criterio, la facilidad de obtención de los datos, es irónicamente el que menos se ha podido cumplir con los indicadores seleccionados. Para disponer de indicadores del sistema de transporte en su conjunto, para todos los modos y medios de locomoción, para las tres esferas de valor contempladas y para todas las fases del ciclo de la actividad, el problema fundamental ha sido, precisamente, la accesibilidad de las fuentes rigurosas de información.

Hay que advertir, en cualquier caso, de que los parámetros y los indicadores, por ser referencias medias de procesos o actividades, tienen el inconveniente de oscurecer la variación interna que registran dichos procesos o actividades. En el caso del transporte, uno de los mayores problemas de la necesaria agregación de diferentes servicios o vehículos es la ocultación de aquellos que se alejan de los valores medios. Por ejemplo, las medias de consumo energético de los automóviles pueden ocultar el elevadísimo consumo de determinados vehículos como

19 Este volumen puede consultarse en http://www.ecologistasenaccion.org/article27000.html

los "todoterreno" o la mayor eficiencia relativa de los de propulsión híbrida. También las medias pueden ocultar las grandes diferencias derivadas del empleo de los automóviles en circunstancias radicalmente diferentes, por ejemplo, en ciudad o en puntas como la salida de vacaciones.

Por consiguiente, con todas las cautelas que se derivan del propio concepto de indicador y de su aplicación a un ámbito de la complejidad y la diversidad del transporte, se han elegido tres de carácter sintético para comprender las diferentes esferas de valor:

Tabla 6. Indicadores sintéticos de las esferas de valor

Esfera ambiental Afecciones ambientales	Esfera social Afecciones sociales	Esfera Monetaria Requerimientos monetarios
Energía primaria requerida en los desplazamientos	Tiempo dedicado a los desplazamientos	Cantidades monetarias requeridas para los desplazamientos

La ventaja de emplear la energía primaria como indicador sintético, frente a la opción de las emisiones de CO_2, es su mayor expresividad si se emplea como unidad de referencia el kilogramo equivalente de petróleo (kep) o los múltiplos de este, pues resulta más fácil imaginar 1 litro del gasóleo empleado en los automóviles y asociarlo de un modo aproximado a 1 kep de energía primaria[20], que un kilo de un gas como el dióxido de carbono.

Resultados que se derivan de las Cuentas Ecológicas del Transporte

El primer resultado evidente de las Cuentas Ecológicas es el conocimiento de la dimensión global de la actividad, es decir, la suma de todos los desplazamientos, de todos los costes económicos y de todas las consecuencias sociales y ambientales en cada fase y modo de transporte. Esas primeras cifras ofrecerán un panorama, quizás para algunos sorprendente, de la envergadura de esta actividad y de sus exigencias e impactos en España, que habitualmente se ofrecen de un modo parcial y poco riguroso.

El segundo resultado es la comparación entre modos y medios de desplazamiento diferentes. Las matrices del ciclo global de cada modo y medio de transporte se pueden vincular a la producción de desplazamientos que se hayan producido en los años de referencia, para obtener una estimación de impactos ambientales (con el indicador sintético seleccionado, es decir, con el consumo energético), sociales (con el indicador de tiempo empleado) y costes (en euros) por tonelada-km y por persona-km recorrido.

A través de las Cuentas Ecológicas del Transporte se tiene una referencia, más allá de los discursos interesados de cada sector, sobre las cifras de costes e impactos que cada medio de transporte representa por cada kilómetro recorrido por un pasajero o una tonelada de material. Tanto en su ciclo global como en fases particulares del mismo como la de circulación.

20 Según los datos del anuario *Energía 2014* del Foro de la Industria Nuclear, se considera una densidad energética del gasóleo A de 1,18 litros por kilogramo equivalente de petróleo en el consumo final, así como un factor de conversión de 1,12 entre energía final y energía primaria, lo que da como resultado una densidad energética de 0,95 kilogramos equivalentes de petróleo de energía primaria por cada litro de gasóleo A.

Para los modos y medios convencionales de transporte se obtiene, además, una estimación de su eficiencia potencial, es decir, de los impactos o costes que se derivarían de una ocupación completa de los vehículos que transportan personas o materiales.

Esa estimación de la eficiencia potencial, en contraste con la eficiencia real, permite tener idea de las oportunidades y límites de las políticas de movilidad. Así, por ejemplo, se puede saber cuál sería el efecto de una política que estimule una mayor ocupación de los autobuses urbanos o que establezca limitaciones de acceso a los vehículos sin alta ocupación.

Otro resultado de gran interés para las políticas públicas de movilidad es la comparación entre la fiscalidad específica del transporte y del gasto público en ese mismo campo, que se obtienen de la matriz correspondiente a la subcuenta económica fiscal. Dicha comparación permite conocer con rigor el esfuerzo económico que realiza la ciudadanía a través del Estado en transporte, más allá de lo que suelen afirmar los estudios parciales de los sectores interesados.

Cuentas pendientes: la Tasa de Retorno Energético y la reposición de recursos

"Cada año utilizamos el equivalente a cuatro siglos de plantas prehistóricas (incluyendo el fitoplancton). Cada día usamos el equivalente en combustibles fósiles de toda la nueva materia vegetal que tarda más de un año en crecer sobre la tierra y en los océanos. Solo este cálculo evidencia que la idea de que podemos simplemente reemplazar la herencia fósil (y la extraordinaria densidad energética que nos da) por energía de la biomasa, constituye un enorme autoengaño".

Jorge Riechmann

La construcción de estas Cuentas presenta algunas lagunas de importancia que han de ser consideradas a la hora de hacer cualquier balance o reflexión sobre el futuro de la movilidad. En particular, cuando se estima la energía incorporada a la movilidad no se tienen en cuenta los propios requerimientos energéticos para construir y hacer funcionar los sistemas de generación de energía útil; ni tampoco los recursos energéticos requeridos para reponer los recursos extraídos de la corteza terrestre.

La **Tasa de Retorno Energético** (TRE)[21] es la proporción entre la energía que un sistema energético suministra y la energía requerida por dicho sistema.

TRE = Energía suministrada por un sistema energético/energía requerida por dicho sistema energético

Una TRE alta, como por ejemplo 30, indica que el sistema energético ofrece una gran eficiencia en el suministro de energía, mientras que una TRE baja, como puede ser 2 o menos, indica que se requiere un gran esfuerzo energético para obtener energía útil. Cifras de TRE inferiores a 1 mues-

21 Energy Return On Energy Invested, ERoEI o EROI por sus siglas en inglés. Una presentación general del concepto puede encontrarse en el artículo "La tasa de retorno energético. Hacia un mundo de renovables en el contexto del cenit de producción petrolífera" de Mariana Ballenilla y Fernando Ballenilla en la revista *Ecologista*, nº 55 (invierno 2007/2008), editada por Ecologistas en Acción. http://www.ecologistasenaccion.es/article17905.html

tran que la tecnología energética empleada supone pérdidas globales de energía disponible.

El caso del petróleo ilustra la evolución de un recurso que, al margen de su creciente escasez, se vuelve cada vez más costoso de obtener desde el punto de vista energético. Según Pedro Prieto el petróleo consumido en Estados Unidos ha reducido su TRE desde cifras próximas a 30 en los años setenta del siglo pasado hasta cifras por debajo de 15 en la primera década del siglo XXI[22]. De ese modo, los avances en la eficiencia de los vehículos que emplean productos petrolíferos se ven compensados por la reducción de la eficiencia de fondo que se deriva del mayor esfuerzo energético para disponer de petróleo.

Aunque hay una considerable controversia sobre el modo en que se debe calcular la TRE[23], lo que parece claro es que se viene produciendo una reducción paulatina del retorno energético de los combustibles en los que se apoya el transporte actual; y que las fuentes energéticas con las que se pretenden sustituir ofrecen retornos energéticos mucho más reducidos.

La TRE obliga así a revisar algunas perspectivas excesivamente optimistas sobre el futuro de la movilidad basada en fuentes renovables o en petróleo obtenido de esquistos bituminosos ("shale oil")[24]. En otras palabras, el paso de los vehículos de gasolina y gasoil a los vehículos eléctricos de fuentes renovables se puede traducir en un incremento de la "energía básica" requerida por el sistema, es decir, de la energía necesaria para poder suministrar la energía útil para los vehículos. Y la sustitución del petróleo convencional por el petróleo de esquistos bituminosos solo podrá hacerse a costa de un enorme esfuerzo energético adicional para su obtención.

El análisis de la TRE es plenamente coherente con el enfoque de economía ecológica, en la medida en que permite comprender globalmente los procesos que involucran la generación de la energía. En el caso de la movilidad, la Tasa de Retorno Energético completa y matiza otros indicadores básicos, como el consumo de energía primaria del ciclo de vida, permitiendo vislumbrar las tendencias a medio y largo plazo de la disponibilidad de energía para esta actividad. La TRE ofrece una representación de la "energía básica" requerida para disponer la energía primaria que, a su vez, se pone al servicio del movimiento de personas y mercancías.

La reposición de los materiales de la corteza terrestre

El esfuerzo contable realizado en este trabajo se queda también corto en lo que atañe a la última de las fases consideradas en el ciclo de vida de la movilidad: la gestión de los residuos. Las estimaciones realizadas en estas Cuentas se limitan a la consideración de los procesos de reciclado de los vehículos empleados en los desplazamientos, pero no incorporan el coste físico o energético de devolver los recursos tal y como se presentan en la corteza terrestre.

Dicho de un modo más sencillo, el ciclo de vida planteado aquí va de la "cuna a la tumba" del sistema de movilidad, de la extracción de los recursos a su final de uso; no se contempla un ciclo

22 "La tasa de retorno energético (TRE): un concepto tan importante como evasivo". Pedro Prieto. *Crisis Energética*. 10 de diciembre de 2006. http://www.crisisenergetica.org

23 Véase al respecto los artículos "Crítica al concepto de Tasa de Retorno Energético" de Carlos de Castro del Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas de la Universidad de Valladolid en la web: http://www.eis.uva.es/energiasostenible/

24 Las estimaciones de diversos estudios sitúan la TRE de la energía eólica en 18, mientras que la fotovoltaica tiene una TRE entre 4 y 20 y el petróleo de esquistos bituminosos presenta una TRE entre 1,5 y 4. Véase al respecto dos artículos publicados en el nº 3 de *Sustainability* 2011, (www.mdpi.com/journal/sustainability: "A Review of the Past and Current State of EROI Data" de Gupta, A. K. y Hall, C.A.S., y "Energy Return on Investment (EROI) of Oil Shale" de Cleveland, C. J. y O'Connor P.A.).

“de la cuna a la cuna”, es decir, incorporando el esfuerzo necesario para reponer los recursos tal y como se obtuvieron o como resultan de utilidad para las siguientes generaciones[25]. A semejanza de la TRE, se podría así definir una Tasa de Retorno o Reposición de Recursos (TRR) para cada mineral, elemento o material incorporado:

TRR = Recursos repuestos en el ciclo de vida de un producto o sistema/recursos aportados a dicho producto o sistema

Cuanto más baja sea la TRR, es decir la proporción de recursos repuestos sobre los incorporados, más alejado estará el sistema de alcanzar la estabilidad y garantizar que las siguientes generaciones dispongan de ellos. Esa tasa debería además combinarse con un análisis de la aportación de contaminantes y destrucción de recursos derivadas de la propia actividad estudiada.

La importancia de reflexionar bajo ese nuevo enfoque es reiterada por José Manuel Naredo:

“La economía ecológica, con sus derivaciones de agroecología, ecología industrial, etc., trabaja en aportar el instrumental necesario para ello, desvelando las ‘mochilas’ y ‘huellas’ de deterioro ecológico que arrastran los productos, analizando el ‘ciclo de vida’ de los procesos asociados a ellos ‘desde la cuna hasta la tumba’. Sin embargo, como venimos proponiendo Antonio Valero y yo, hay que ampliar más el objeto de estudio: no sólo hay que seguir la vida de los procesos y productos ‘desde la cuna hasta la tumba’, sino desde la cuna hasta la cuna, considerando también el coste de reconvertir los residuos en recursos. Si no lo hacemos, seguiremos dando por buenas unas reglas de valoración sesgadas, que consideran solo el coste de extracción, pero no el de reposición de los recursos naturales y empujando así hacia la continua degradación de la base de recursos y/o del medio ambiente planetario” [26].

Esta exigencia del cierre completo del ciclo es también importante para comprender la capacidad de sustituir los diferentes minerales fundamentales para los vehículos o las infraestructuras de la movilidad que van llegando a su pico de extracción, al igual que ocurre con el petróleo y el resto de los combustibles fósiles. Así, según las estimaciones de Alicia y Antonio Valero, el pico del cobre será en este siglo en la década de los años veinte, el del aluminio en la de los años cincuenta y el del hierro en la de los años sesenta[27].

Otros elementos estratégicos de cara al futuro de la movilidad son las denominadas en química como “tierras raras”, empleadas por ejemplo en las baterías y en los numerosos imanes permanentes de los vehículos híbridos y eléctricos, así como en las turbinas eólicas, también ponen sobre la mesa del debate la necesidad de considerar la reposición de los recursos. A pesar de su nombre no se trata de la escasez de estos elementos, sino de la distribución en la corteza terrestre, a veces muy localizada en unos pocos países, de los yacimientos de alta concentración y pureza con posibilidades de explotación en términos económicos, energéticos y ecológicos.

25 Véase la obra pionera de esa concepción: *Desarrollo económico y deterioro ecológico*, de J.M. Naredo y A. Valero. Fundación Argentaria y Visor Distribuciones. Madrid, 1999.

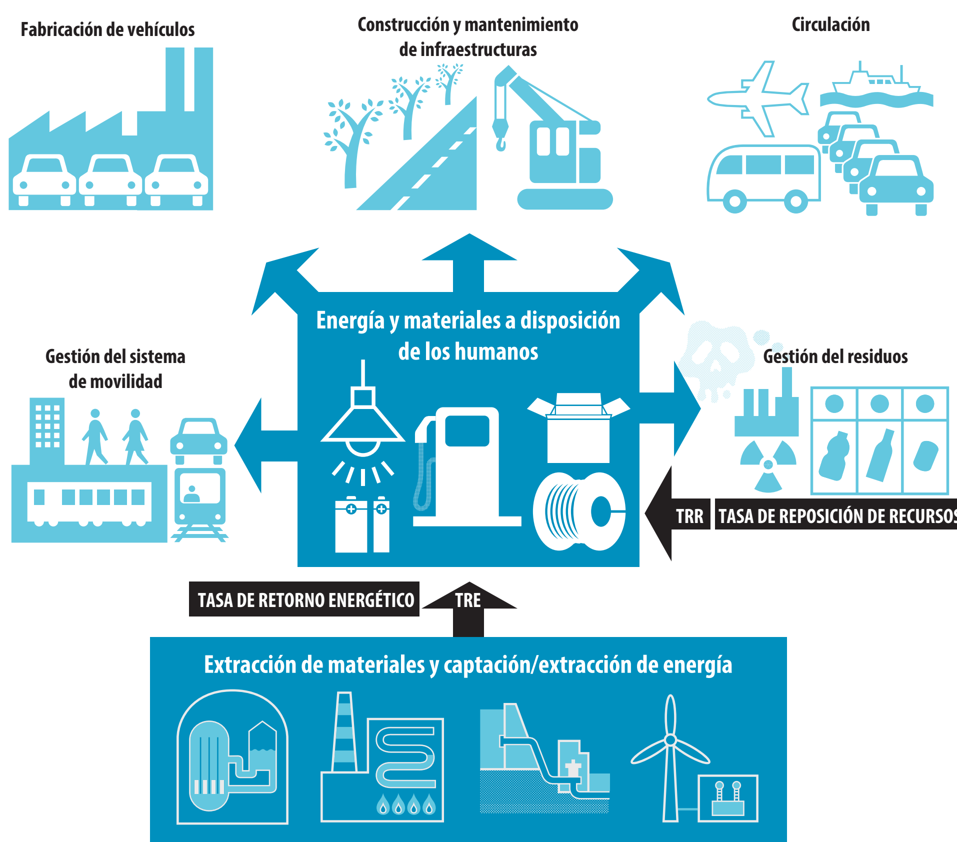
26 “Reflexiones sobre la bandera del decrecimiento”. J,M. Naredo. En la revista *Viento Sur* nº 118. Septiembre de 2011.

27 Alicia Valero, Antonio Valero. “Physical geonomics: Combining the exergy and Hubbert peak analysis for predicting mineral resources depletion”. *Resources, conservation and recycling* 54 - 12, pp. 1074 - 1083.2010. Citado en la ponencia de Alicia Valero en el Curso “Transiciones a la Sustentabilidad: Alternativas Socioecológicas” (Universidad Autónoma de Madrid, Julio 2013) titulada “El agotamiento de los recursos naturales no energéticos en las transiciones hacia la sostenibilidad”.

En definitiva, una versión de mayor valor prospectivo de las presentes Cuentas Ecológicas del Transporte debería conllevar un análisis en profundidad de las tendencias en la disponibilidad de los materiales y recursos que requiere el sistema de movilidad.

Como se puede deducir de los comentarios anteriores, tanto la ausencia de la Tasa de Retorno Energético como la ausencia de un análisis de la reposición de los materiales de la corteza terrestre, suponen importantes limitaciones a la hora de comprender de cara al futuro el ciclo de vida del sistema de movilidad, pues esas tasas permitirían comprender mejor las tendencias generales de la eficiencia del sistema y de las posibilidades de continuar desarrollando la actividad económica del transporte en el futuro bajo los mismos conceptos y patrones que en la actualidad.

Figura 11. Las cuentas pendientes del ciclo de vida del transporte: la Tasa de Retorno Energético y la Tasa de Reposición de Recursos



Además de esas limitaciones de la esfera ambiental de las presentes Cuentas, son apreciables otras dos lagunas importantes en la esfera monetaria y en la esfera social. En la monetaria hay que lamentar la falta de información y de un esquema metodológico adecuado para incorporar algunos elementos de la economía financiera, sin los cuales no se comprende íntegramente el sector ni algunos de los mecanismos por los cuales se toman decisiones individuales en lo que atañe a los desplazamientos y el modo de transporte para realizarlos.

En la esfera social la frontera del análisis del tiempo dedicado al transporte se ha quedado restringida al interior del país, no pudiéndose acometer la tarea de estimar las horas de vida que en otros lugares dedican personas para que los desplazamientos en España puedan realizarse; un valor importante en la medida en que "compramos" horas ajenas, en un intercambio desigual con otros lugares del mundo.

Las principales magnitudes del transporte en España

Como se explica en el *Volumen de Metodología* correspondiente, las unidades principales de medida de la magnitud de los desplazamientos de personas y mercancías son:

Personas/viajes

- número de viajes o desplazamientos que realizan las personas
- número de kilómetros recorridos en esos desplazamientos (medidos en personas-km)[28]

Mercancías

- número de toneladas de bienes y mercancías desplazadas
- número de kilómetros recorridos por las toneladas desplazadas (medidos en t-km)

A efectos analíticos es también necesario contabilizar de modo segregado los desplazamientos realizados en el interior del país de los desplazamientos realizados fuera para el mantenimiento de la economía española.

El transporte interior de personas

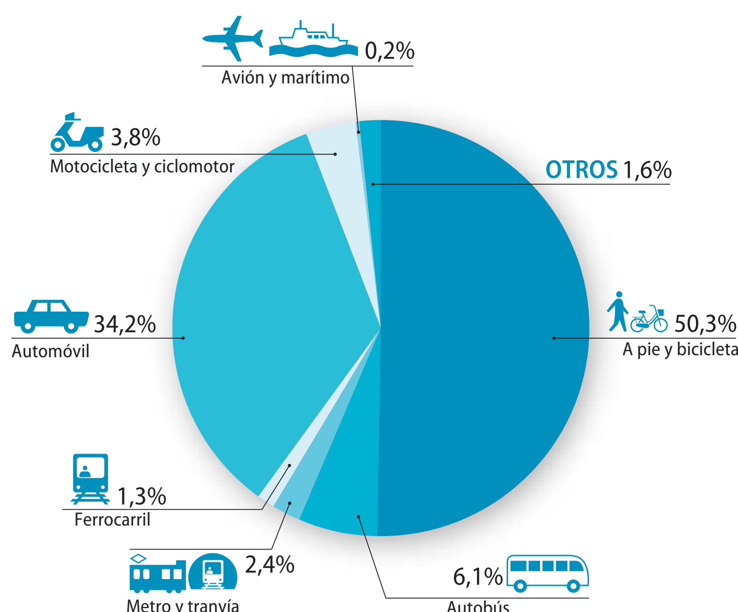
Para tener una primera aproximación a las magnitudes de la movilidad de las personas en el interior del país se aprovechan los datos de la encuesta denominada Movilia que realizó el Ministerio de Fomento en 2006-2007, así como las cifras de viajeros y viajeras de los diferentes operadores del transporte. De la mencionada encuesta se puede obtener un retrato relativamente preciso de los viajes anuales realizados en España, aunque se requieren una serie de hipótesis y criterios de ponderación que permitan encajar sus resultados con los registrados por otras fuentes, criterios que, a su vez, faciliten también su desagregación en los términos útiles para el presente trabajo. Los resultados principales de ese ejercicio de agregación son los siguientes:

Tabla 7. Magnitud del transporte de personas en el interior de España (2007)

Modo	nº de viajes (millones)	%
a pie	25.750	49,4
bicicleta	468	0,9
autobús urbano	1.850	3,5
autobús interurbano	702	1,3
autobús discrecional	205	0,4
autobús escolar y laboral	429	0,8
metro	1.210	2,3
tranvía	44	0,1
ferrocarril	695	1,3
automóvil privado	17.849	34,2
motocicleta y ciclomotor	1.975	3,8
avión	89	0,2
marítimo	20	0,0
otros	830	1,6
TOTAL	52.116	100,0

28 Como se indica en el *Volumen de Metodología*, el concepto persona-km es equivalente al de viajeros-km empleado tradicionalmente en la literatura técnica, representando las distancias recorridas por todas las personas que se desplazan sin contar los conductores profesionales mientras realizan su labor.

Figura 12. Distribución del número de viajes de personas realizados diariamente en los diferentes medios de transporte en España (2007)



Como se puede observar en la tabla 7 y en la figura 12, algo más de la mitad de los desplazamientos que se realizan al año en España se corresponden con los modos activos, la marcha a pie y la bicicleta, mientras algo más de una tercera parte se realiza en automóvil. El transporte colectivo en sus diferentes formas representa el 10% del total de los desplazamientos.

Distribuyendo esos viajes en función de la infraestructura que utilizan, se puede observar un absoluto predominio de los desplazamientos en el modo viario:

Tabla 8. Distribución modal del transporte interior de personas según infraestructura (2007)

Modo	nº de viajes (millones)	%
viario	50.058	96,1
ferroviario	1.949	3,7
aéreo	89	0,2
marítimo	20	0,0
TOTAL	52.116	100,0

Estas cifras pueden resultar sorprendentes, pues incluyen los viajes peatonales y ciclistas que no suelen ser contemplados en el sector. Si restamos dichos viajes, la producción del transporte muestra un aspecto mucho más próximo a lo que recogen las estadísticas de las distintas administraciones y empleadas habitualmente en la literatura del transporte.

Tabla 9. Distribución modal del transporte motorizado interior de personas según infraestructura (2007)

Modo	nº de viajes (millones)	%
viario (modos motorizados)	23.840	92,1
ferroviario	1.949	7,5
aéreo	89	0,3
marítimo	20	0,1
TOTAL	25.898	100,0

Atendiendo únicamente a los desplazamientos motorizados, los modos colectivos absorben el 22% del total de viajes.

Se deduce, por tanto, que la movilidad de las personas en el país se resuelve esencialmente mediante desplazamientos en medios de transporte que utilizan las calles, caminos y carreteras como infraestructura, siendo el ferrocarril un modo complementario y el transporte aéreo y marítimo piezas muy minoritarias en términos de número de viajes.

Como se ha señalado más arriba, la definición de viaje empleada habitualmente en las estadísticas y análisis del sector oscurece la importancia de algunos modos que encajan mal en las metodologías empleadas. A la desaparición de la mitad de los desplazamientos cotidianos, los peatonales, se suma la invisibilidad del ascensor como medio de transporte, a pesar de cubrir una cifra muy alta de etapas de los viajes realizados cotidianamente.

De hecho, en algunos documentos del sector de la elevación se ha sugerido que el ascensor es el modo de transporte más utilizado en España[29]. Una primera aproximación al número de etapas que se realizan en ascensor en el país a lo largo del año 2011 apunta unas cifras algo más modestas pero igualmente sorprendentes:

Tabla 10. Dimensiones del transporte en ascensor (2011)

	En millones
Número de ascensores en España	0,75
Número de desplazamientos anuales en ascensor	15.100
Número de kilómetros recorridos en ascensor	203

Ningún otro medio de transporte motorizado, salvo el automóvil con cerca de 18.000 millones de desplazamientos anuales, es utilizado con tanta frecuencia como el ascensor en España, lo que se traduce también en cifras no desdeñables de costes monetarios y consumo de energía y materiales. La caracterización del modelo de movilidad urbana del país no puede pasar por alto este hecho fundamental.

29 Así lo afirman algunas informaciones periodísticas que, a partir de fuentes empresariales, disparan las cifras de uso de ascensores hasta los 375 millones de usos diarios en España, casi diez veces la cifra manejada aquí. Véase al respecto el artículo del blog de Clemente Álvarez "Los cien mil viajes de un ascensor" en *El País* (23/02/2010) y el artículo "El ahorro energético viaja en ascensor" publicado en *El Mundo* por José F. Leal e Itxaso González (18/07/2011).

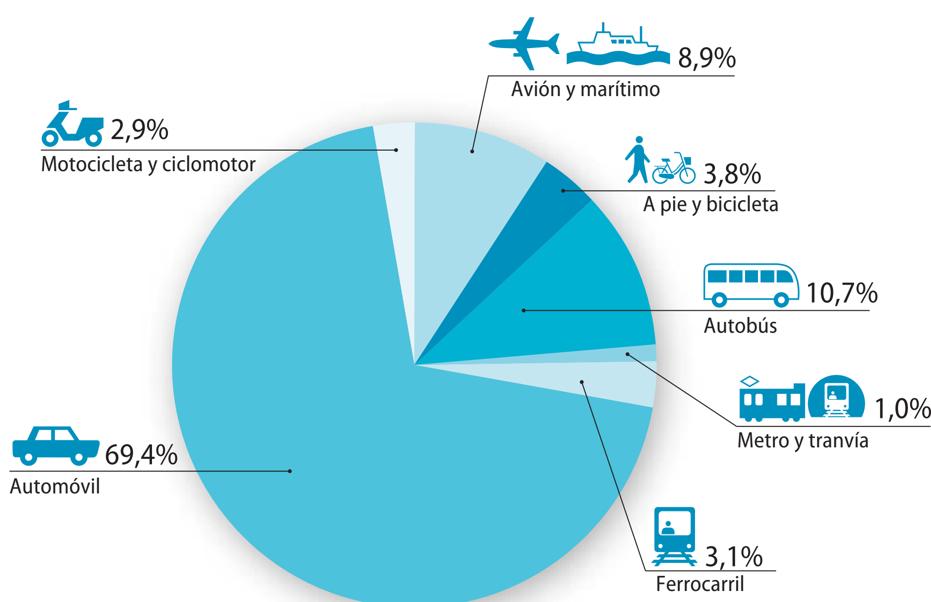
Evidentemente esta primera aproximación numérica a la magnitud de los desplazamientos personales tiene que ser acompañada de otra relacionada con la distancia recorrida en cada uno de esos viajes, de manera que se tenga una idea del orden de magnitud de la segunda unidad de medida de la dimensión del transporte señalada más arriba: las personas-km

Dado que no existen cifras oficiales completas de esa unidad de medida que abarquen todos los modos de transporte, se ha realizado una aproximación basada en fuentes diversas cuyo encaje no siempre es perfecto.

Tabla 11. Longitud de los recorridos medios dentro del país realizados por las personas en cada medio de transporte (2007)

Modo	Millones de personas-km	%
Automóvil	489.918	69,4
Autobús	75.582	10,7
Motocicleta y ciclomotor	20.768	2,9
Peatonal	25.750	3,6
Bicicleta	1.404	0,2
Subtotal viario	613.421	86,9
Ferrocarril convencional	21.856	3,1
Metro	7.233	1,0
Tranvía	214	0,0
Subtotal ferrocarril	29.303	4,2
Subtotal aéreo	61.225	8,7
Subtotal marítimo	1.612	0,2
TOTAL	705.561	100,0

Figura 13. Distribución de los recorridos medios realizados diariamente por cada habitante en los diferentes medios de transporte en España (2007)



Como se deduce de la tabla 11, atendiendo a las distancias recorridas por cada medio de transporte, el automóvil cubre más de dos terceras partes del total. El segundo lugar lo ocupa el autobús (10,7%) y el tercero el avión (8,7%). Los modos activos (peatonal y bicicleta) absorben únicamente un 3,9% del total de distancias recorridas, a pesar de su preponderancia en términos de número de desplazamientos. El conjunto de medios ferroviarios representa solo un 4,1% de las distancias recorridas.

Dentro del conjunto de desplazamientos mecanizados, si se agrupan los diferentes medios que emplean vehículos individuales (bicicleta) o semicolectivos (motocicleta, ciclomotor, automóvil) y los que emplean vehículos colectivos, el reparto de distancias recorridas es el siguiente:

Tabla 12. Longitud de los recorridos según categoría de transporte mecanizados interior de personas (2007)

Modo	Millones de personas-km	%
Automóvil y vehículos de dos ruedas	512.090	75,3
Transporte colectivo	167.722	24,7
TOTAL	679.811	100,0

Se deduce así que los vehículos individuales o semicolectivos cubren tres cuartas partes del total de las distancias recorridas en España en medios motorizados, frente a la tercera parte cubierta por el transporte colectivo en sus diferentes formas y modos.

Ese peso del transporte colectivo se puede considerar equivalente al que presenta el transporte público, pues aunque existen medios de transporte público en la primera categoría (por ejemplo taxis) y medios de transporte privado en la segunda (por ejemplo, el transporte discrecional en autobús), sus cifras son muy reducidas con respecto al total.

Como magnitud ilustrativa de la movilidad del país se pueden traducir esas cifras a recorridos por habitante y día, mucho más próximos a nuestra imaginación. De ese modo, a cada habitante del país[30] le corresponde un recorrido de 41,6 km diarios en desplazamientos interiores al territorio nacional, lo que muestra el alto grado de movilidad alcanzado en nuestro modelo de vida.

El transporte interior de bienes y mercancías

Al igual que ocurre con el transporte de personas, en el caso de las mercancías o bienes una concepción amplia de ese tipo de desplazamientos conlleva una sorprendente relación de órdenes de magnitud. Incluyendo en la contabilidad el agua y la energía, la imagen convencional del sector se trastoca drásticamente, tal y como se puede observar en la siguiente tabla[31]:

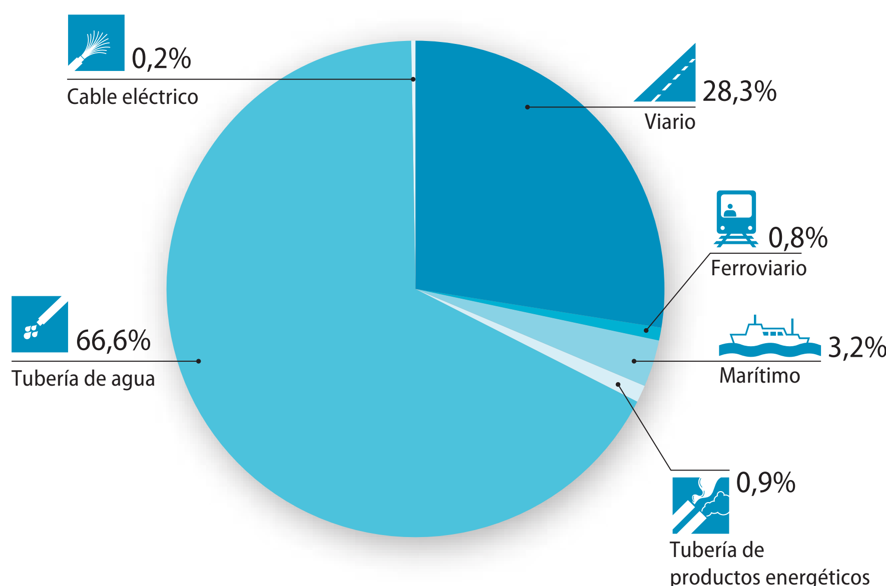
30 La población considerada para esa cifra de referencia es de 46.484.862 personas, correspondiente a la suma de la registrada a 1 de enero de 2008 (45.283.259), más la carga equivalente de turistas procedentes del exterior y menos los turistas españoles en el exterior.

31 No se han contabilizado aquí las etapas de escala doméstica y de proximidad que tienen buena parte de los desplazamientos de bienes y mercancías. Por ejemplo, el transporte de los alimentos desde el comercio o la distribución de gas. En el primer caso una buena parte de los desplazamientos se hacen acarreándolas a pie, con o sin la ayuda de carritos y ascensores. Tampoco se han contabilizado los desplazamientos de productos agrarios o pesqueros debido a la dificultad de computar las distancias recorridas y las toneladas transportadas en tractores y barcos de pesca.

Tabla 13. Recorridos de las toneladas desplazadas en el interior por modo de transporte (2007)

Modo	Toneladas-km desplazadas (millones)	%
Camión y furgoneta en carreteras	361.227	26,3
Camión y furgoneta en viario urbano	27.523	2,0
Total viario	388.750	28,3
Ferroviario	11.212	0,8
Aéreo	147	0,0
Marítimo	44.040	3,2
Tubería convencional (oleoductos) interior	8.936	0,7
Tubería convencional (gasoductos) interior	3.670	0,3
Total tubería de productos energéticos	12.606	0,9
Agua uso urbano	181.248	13,2
Agua uso agrario	731.931	53,3
Aguas residuales	1.450	0,1
Total tubería agua	914.629	66,6
Cable eléctrico[32]	2.380	0,2
TOTAL	1.373.764	100,0

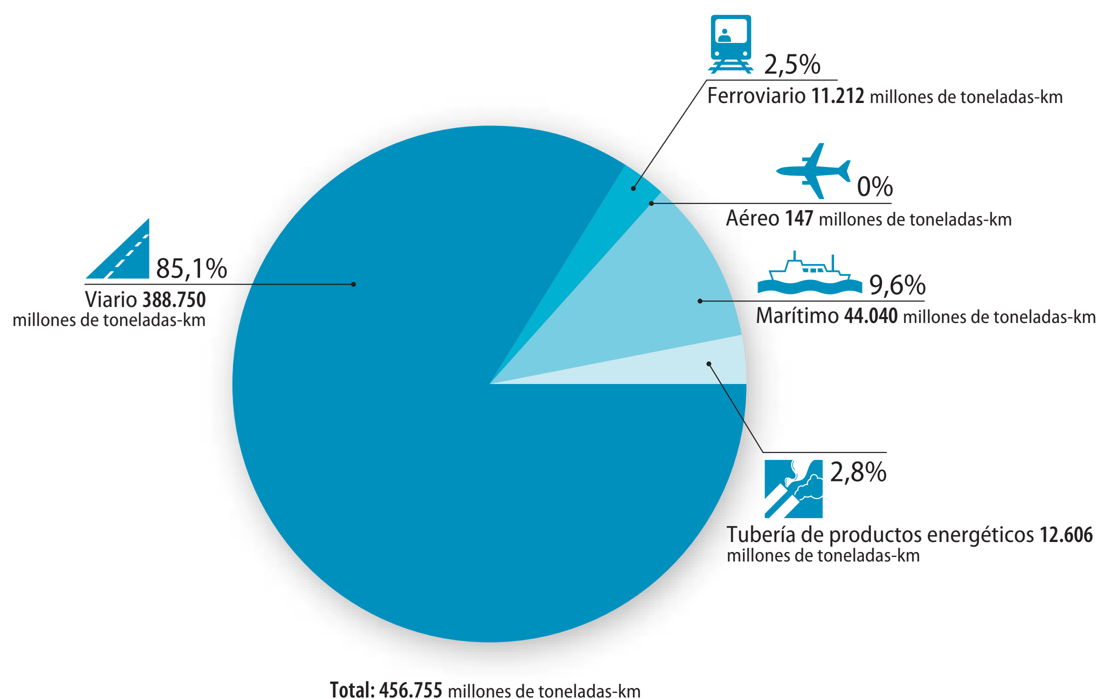
Figura 14. Recorridos de las mercancías desplazadas en el interior del país por modo de transporte (2007)



El bien o mercancías de mayor peso desplazado en España es el agua, que representa las dos terceras partes de las toneladas-km transportadas en el interior del país. El viario terrestre (carreteras y calles) sirve de soporte para los desplazamientos de más de una cuarta parte del tonelaje-km total. Si se segrega el transporte de agua y también las toneladas equivalentes transportadas por el sistema eléctrico, el panorama se parece mucho más al habitual en las estadísticas del sector:

32 En el caso del cable eléctrico, según se explica en el *Volumen de Metodología*, la unidad de medida es la tonelada equivalente de petróleo, habiendo convertido la electricidad a esa unidad y, posteriormente, calculado el recorrido que se realiza.

Figura 15. Recorridos de las mercancías convencionales desplazadas en el interior del país por modo de transporte (2007)



Total: 456.755 millones de toneladas-km

Como ocurría en el transporte de personas, en el transporte de mercancías domina de una forma abrumadora el conjunto de medios soportados por carreteras y vías urbanas, que absorbe el 85% del total de toneladas-km desplazadas. Llama también la atención que el segundo modo de transporte de mercancías interior del país sea el marítimo y, todavía más, que el tercero sea la tubería de productos energéticos. El ferrocarril, modo dominante durante la primera parte del siglo XX, ha quedado relegado a porcentajes modestos del reparto modal.

Para representar esas cifras de un modo más próximo a la experiencia cotidiana, se puede emplear el concepto de "mochila de transporte", es decir, la carga de desplazamientos de bienes y mercancías que acarrea cada habitante en la economía del país. La tabla siguiente ofrece las cifras clave del peso de esa mochila de transporte, es decir, las toneladas-km que se mueven diariamente por cada habitante de España:

Tabla 14. Mochila de transporte de bienes y mercancías (2007)

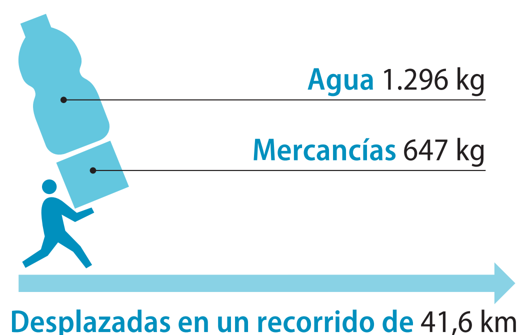
	Toneladas-km recorridas por habitante y día
Total de bienes y mercancías transportadas	81
Agua transportada	54
Mercancías convencionales transportadas	27

Se deduce de la tabla anterior que la economía española se apoyaba en 2007 en el desplazamiento diario de más de 80 toneladas-km de bienes y mercancías por habitante[33], de las cuales casi 54 t-km eran de agua. Sin tener en cuenta el transporte de ese líquido, a cada residente en España le correspondía en 2007 el movimiento diario casi 27 t-km de mercancías convencionales.

33 Considerando, según el Instituto Nacional de Estadística, que la población española era el 1 de enero de 2008 de 45.283.259 personas.

Si se considera la distancia diaria media recorrida por cada habitante (41,6 km), el "equipaje" de materiales y mercancías que arrastra cuando se desplaza en esa distancia era de 1.296 kg de agua y 647 kg de mercancías, sin contar el peso de los propios vehículos.

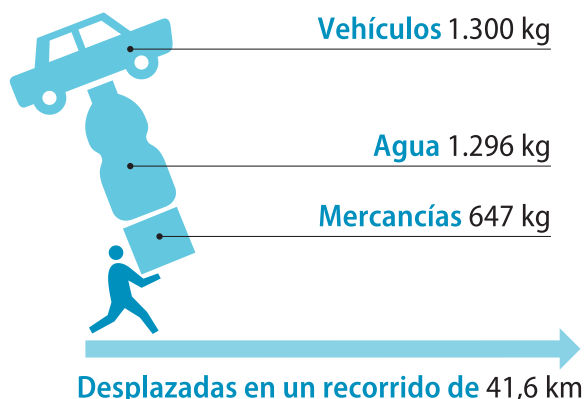
Figura 16. La mochila de agua y mercancías que acarrea diariamente cada habitante en el interior de España (2007)



Pero con esas cifras no acaba la magnitud de los materiales desplazados diariamente. Hay que añadir también el peso de los propios vehículos que facilitan esa movilidad. Considerando en primer lugar el peso de los vehículos de transporte viario de personas se puede estimar que cada persona requiere el desplazamiento de 750 kg de peso en vehículos de carretera en esa distancia de 41,6 km. El peso proporcional a los recorridos del resto de los vehículos añade otros 150 kg de manera que, solo para el desplazamiento de personas, la mochila de materiales en forma de vehículo es de alrededor de 900 kg.

Además, hay que contar con los vehículos que llevan las mercancías. Estimando un peso de aproximadamente 700 kg para cada tonelada de carga transportada, habría que añadir entonces otros 400 kg de peso de ese tipo de vehículos.

Figura 17. La mochila de agua, mercancías y vehículos que se mueven diariamente con cada habitante en el interior de España (2007)



El transporte exterior de personas

Los desplazamientos de personas que atraviesan las fronteras españolas responden a varias modalidades diferentes (turistas, excursionistas, personas de tránsito), pueden ser residentes en el país o proceder del extranjero y, también, pueden tener un modo de transporte de acceso y otros para los desplazamientos internos en España, o en el país de destino en el caso de viajeros o viajeras españoles. No existe una fuente estadística integrada y precisa que reúna todo ese conjunto de desplazamientos.

Por ejemplo, según el Instituto de Estudios Turísticos[34], España recibió en 2007 un total de 99,1 millones de visitantes extranjeros. El 60% de los mismos fueron turistas, es decir, pernoctaron en su destino más de una noche, y el 40% restante fueron excursionistas. Se trata, por tanto, de una clasificación diferente a la que se suele realizar en el campo del transporte, en donde se prefiere el concepto de tránsito para referirse a los desplazamientos cuyo origen y destino están fuera de las fronteras del país, aunque transcurran en una parte de su recorrido por el territorio nacional.

Aprovechando la información heterogénea aportada por fuentes turísticas y fuentes de transporte, se puede obtener una primera aproximación a la distribución modal de esos desplazamientos, estimándose que en España se realizan anualmente unos 300 millones de viajes transfronterizos. Restringiendo el análisis únicamente a los modos motorizados se puede estimar las siguientes cifras globales, que han de ser tomadas con cierta cautela por combinar, como se ha señalado, fuentes con planteamientos metodológicos bien distintos:

Tabla 15. Viajes transfronterizos en España (2007)

Modo	Número de desplazamientos (millones)	%
Carretera	155,1	54,3
Aviación	119,5	41,9
Ferrocarril	1,1	0,4
Marítimo y fluvial	9,5	3,3
TOTAL	285,6	100,0

En el transporte internacional de personas, por tanto, la mayoría de los desplazamientos se hacen por carretera o por aviación.

Dado que en el apartado referido al transporte interior de personas se han contabilizado no solo los desplazamientos de la población residente, sino también los que corresponden a los visitantes, no sería correcto contabilizar aquí los trayectos realizados por la población española o visitantes en el interior de otros países. Únicamente escapan a ese criterio los desplazamientos de personas con origen o destino en algún puerto o aeropuerto en el interior del país y que salen de sus fronteras administrativas, lo que se ha denominado como viajes internacionales "puros". Con el fin de evitar una contabilidad duplicada en el caso de que se realizaran estas cuentas en otros países, se asigna a la movilidad española únicamente la mitad de los trayectos realizados en esos desplazamientos internacionales "puros", considerándose que el viaje inverso se debe computar en las cuentas de los países receptores o emisores del desplazamiento.

34 La *Encuesta de movimientos turísticos en fronteras* (Frontur) de la Subdirección General de Conocimiento y Estudios Turísticos recoge datos relativos a la entrada de visitantes en España, mientras que el Ministerio de Fomento ofrece en sus anuarios y en sus Observatorios Transfronterizos de Portugal y Francia, datos de viajeros por modo de transporte; en el caso de la aviación sí es posible diferenciar los viajeros de tránsito, pero no ocurre lo mismo en la carretera.

Aplicando esos conceptos y criterios se puede estimar que la mochila suplementaria de desplazamientos internacionales de personas que tiene la economía española se corresponde con los que se realizan en barco o en avión, los cuales, en términos de distancias recorridas tienen la siguiente dimensión:

Tabla 16. Distancias recorridas en viajes internacionales asignados a la economía española (2007)

Modo	Viajes (millones)	personas-km (millones)
Aviación	59,8	133.151
Marítimo y fluvial	4,7	1.481
Total exterior	64,5	134.632

Si se reparten también estas distancias viajadas entre la población equivalente del país, se habrán de añadir casi otros 8 km diarios de desplazamientos internacionales a los 41,6 km que correspondían a cada persona en desplazamientos internos. En total cada día recorremos 49,5 km [35].

El transporte exterior de bienes y mercancías

Las primeras magnitudes de referencia para el transporte exterior de bienes y mercancías son las que se derivan de los tonelajes de importaciones y exportaciones registradas en las fronteras, así como de su significado en términos de distancias recorridas.

Tabla 17. Desplazamientos internacionales de bienes y mercancías (2007)

Modo	Exportación	Importación	Total
Millones de toneladas	106	279	385
Millones de toneladas-km	362.605	1.801.693	2.164.298

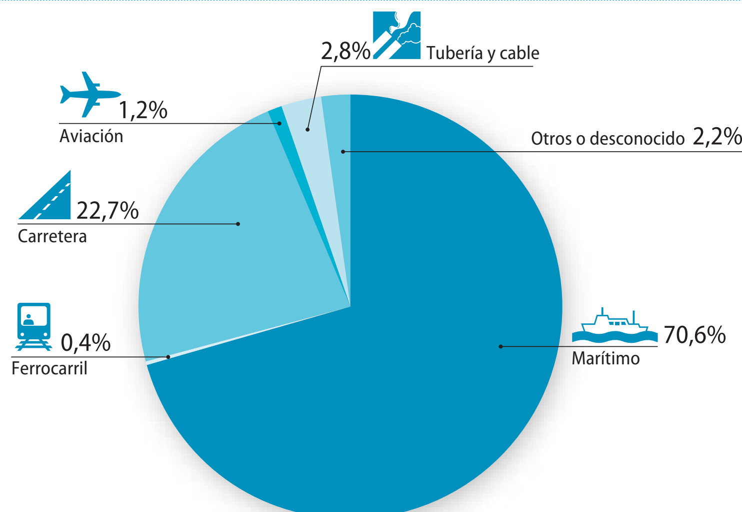
Es muy clarificador también conocer cómo se reparten esas mercancías entre los diferentes modos de transporte:

Tabla 18. Reparto modal (en porcentaje) del transporte de mercancías internacionales en toneladas (2007)

Modo	Exportación	Importación	Total
Marítimo	49,2	78,8	70,6
Ferrocarril	0,4	0,5	0,4
Carretera	41,5	15,6	22,7
Aviación	4,2	0,1	1,2
Tubería y cable	0,0	3,8	2,8
Otros o desconocido	4,7	1,2	2,3
TOTAL	100,0	100,0	100,0

35 Esa cifra es equiparable a la registrada en Suiza en 2010, en donde cada habitante recorría diariamente 56 km, de los cuales 36,7 eran en el interior del país. Véase *La mobilité en Suisse. Principaux résultats du Microrecensement mobilité et transports 2010*. Office fédéral de la statistique OFS y Office fédéral du développement territorial ARE. Neuchâtel, 2012.

Figura 18. Reparto modal en tonelaje de las mercancías internacionales (2007)



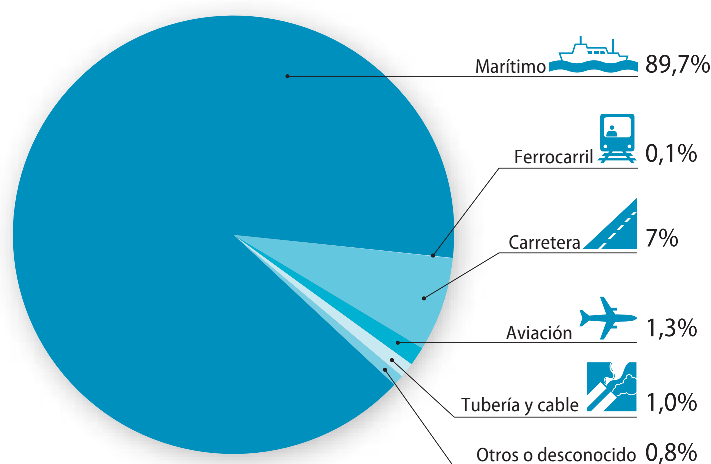
El modo principal de desplazamiento de mercancías internacionales de la economía española es el marítimo (70%), seguido muy de lejos por la carretera (22%). El ferrocarril vuelve a tener un papel muy poco relevante, por debajo de la aviación y de la suma de tubería y cable.

Ese papel del transporte marítimo se acentúa cuando la variable considerada es la t-km, tal y como se refleja en la siguiente tabla:

Tabla 19. Reparto modal (en porcentaje) del transporte de mercancías internacionales en t-km (2007)

Modo	Exportación	Importación	Total
Marítimo	70,0	93,6	89,7
Ferrocarril	0,2	0,1	0,1
Carretera	19,8	4,5	7,0
Aviación	7,3	0,1	1,3
Tubería y cable	0,0	1,2	1,0
Otros o desconocido	2,7	0,5	0,9
TOTAL	100,0	100,0	100,0

Figura 19. Reparto modal (en porcentaje) en recorridos (toneladas-km) de las mercancías internacionales (2007)



Cerca del 90% de las toneladas-kilómetro recorridas por las mercancías internacionales lo hacen por barco, quedando un papel pequeño para la carretera y casi residual para los demás modos de transporte.

Para tener una idea del orden de magnitud de este transporte exterior de mercancías, se puede comparar con las cifras del transporte interno indicadas más arriba, comprobándose que el recorrido (t-km) de las mercancías internacionales es cinco veces superior al interno.

Considerando únicamente los medios de transporte internacionales "puros" (marítimo, aéreo y tubería marítima), es decir, los que no son soportados por los territorios de otros países, y repartiendo los desplazamientos entre el país de origen y el país de destino, se puede realizar una asignación de esta modalidad de transporte a la población española. Se obtiene así, como resultado que cada habitante del país requería en 2007 el desplazamiento exterior diario de 58 t-km. Recordando la cifra del transporte interno de mercancías convencionales, 27 t-km, se puede obtener un retrato fidedigno del fuerte vínculo internacional de la economía española. Por cada tonelada-kilómetro en territorio nacional se desplazan más de dos fuera de nuestras fronteras.

Recurriendo de nuevo a la imagen del "equipaje" que arrastra cada persona en su recorrido diario, las estimaciones realizadas indican que en los 49,5 km diarios interiores e internacionales que le correspondían a cada habitante del país en 2007, lleva una carga de mercancías de 1,7 toneladas. Todo ello sin contar el peso de los propios vehículos que se desplazan, ni el agua.

Figura 20. La mochila de agua y mercancías interiores e internacionales que acarrea diariamente cada habitante de España (2007)



Sumando desplazamientos interiores e internacionales

Añadiendo los desplazamientos en el interior del país a los realizados en el exterior el panorama de las exigencias de transporte de la economía española se hace más preciso. Cobran fuerza el avión como medio de transporte de personas y el barco de mercancías.

Figura 21. Recorridos interiores e internacionales por persona y día (2007)



Figura 22. Recorridos diarios (toneladas-km) de las mercancías por habitante según modo de transporte (2007)



La evolución del transporte en España en el periodo 1992-2007

Todas las cifras indicadas más arriba muestran claramente cómo, en los últimos veinte años, y sobre todo en el periodo 1992-2007 se ha producido un ciclo explosivo de la movilidad motorizada en España, con incrementos enormes de la mayor parte de los parámetros de referencia, incluso descontando el efecto del incremento de la población:

- Crecimiento del número de viajes motorizados

A pesar de que no se realizó ninguna encuesta de movilidad de ámbito nacional en los años noventa, la combinación de las encuestas de carácter local o metropolitano realizadas en ese periodo indica que, en 2007, se había producido una pérdida de más de diez puntos porcentuales en el peso de los desplazamientos peatonales, respecto a quince años antes[36]. Dicha pérdida se saldó con un incremento equivalente de los viajes motorizados.

- Crecimiento de las distancias recorridas diariamente

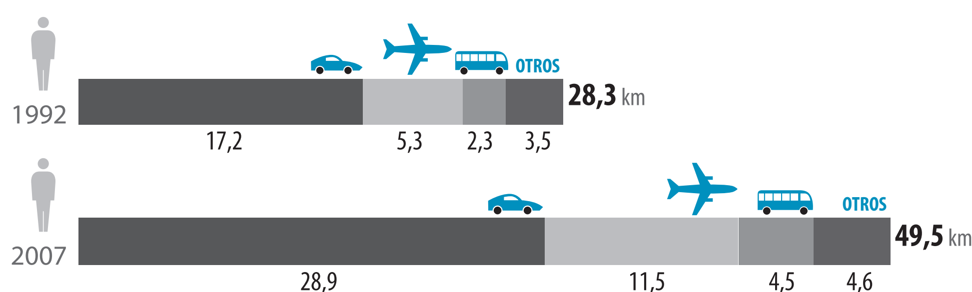
36 Véanse al respecto dos artículos que indican las reducciones en el peso de los desplazamientos a pie en el reparto modal de varias ciudades españolas en el periodo de referencia: "Pasos adelante: ideas para recuperar el protagonismo del peatón en la movilidad" y "Viandantes y ciclistas: atravesando la cortina de humo verde", publicados por A. Sanz en la revista *Ingeniería y Territorio* nº 69 (2004) y nº 86 (2009) respectivamente.

Como se ha señalado, a cada habitante del país le correspondía en 2007 un recorrido diario interior de 41,6 km, lo que supone un salto enorme con respecto a quince años antes, pues en 1992 esa cifra era únicamente de 24,8 km; en tres lustros las distancias medias recorridas se habían incrementado más de un 50%, mostrando las transformaciones radicales que ha tenido el sistema territorial y económico español en dicho periodo.

Un salto todavía mayor se observa en los recorridos internacionales de personas, que pasaron de los 3,5 km diarios por habitante en 1992, a más que duplicarse con 7,9 km quince años después.

En definitiva, si en 1992 cada habitante de España se desplazaba diariamente 28,3 km sumando recorridos interiores e internacionales, de los cuales algo más de 17 km eran en automóvil y algo más de 5 km en avión, en 2007 esa cifra se había incrementado en más de un 74% hasta alcanzar los 49,6 km, de los cuales casi 29 km eran en automóvil y más de 11 km en avión, medio de transporte que, por tanto, duplicó sobradamente sus recorridos por persona en ese periodo.

Figura 23. Recorridos diarios (interior e internacional) por habitante



- Crecimiento del número de toneladas transportadas

El tonelaje desplazado por habitante ha tenido un crecimiento en el periodo 1992-2007 con cifras relativamente pequeñas (8%) en el caso de las mercancías que no salen del país, pero muy elevadas (58%) en el caso de las mercancías internacionales.

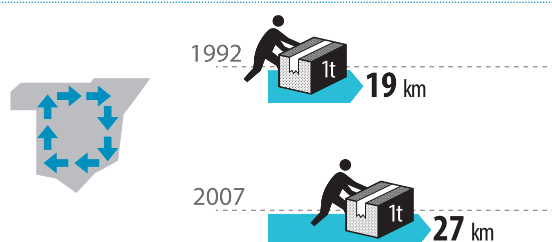
Además, es reseñable que ese crecimiento se ha concentrado en el transporte por carretera en el interior del país y en el transporte marítimo en el exterior. El ferrocarril desplaza en la actualidad menos toneladas que en los años sesenta y setenta del siglo pasado, e incluso menos que en 1992.

- Crecimiento de las distancias recorridas por los bienes y mercancías transportados

En términos de recorridos, la mochila de transporte de mercancías que conlleva la economía española ha dado un salto significativo en los quince años que transcurrieron entre 1992 y 2007, sobre todo en lo que se refiere al comercio internacional.

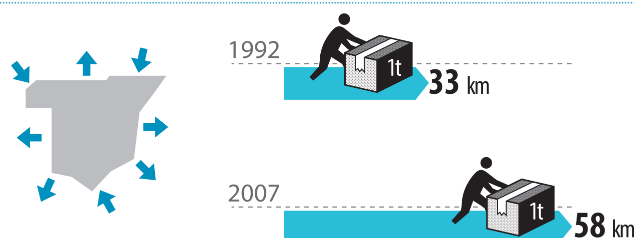
En el caso de las mercancías desplazadas en el interior del país, los incrementos son relativamente moderados, pues se ha pasado de 19,4 a 26,9 toneladas-km al día por persona entre ambas fechas, con un crecimiento de algo más del 38%.

Figura 24. Evolución de los recorridos de las toneladas desplazadas (toneladas-km) por habitante en el interior del país



Sin embargo, la explosión de los desplazamientos de mercancías se ha producido en las que proceden o tienen como destino otros países. Si en 1992 la cifra correspondiente a cada habitante era de 33 toneladas-km diarios, quince años más tarde la cifra se había disparado un 77% hasta alcanzar 58 toneladas-km diarios.

Figura 25. Evolución de los recorridos de las toneladas desplazadas (toneladas-km) por habitante en el exterior del país



El transporte en la crisis

Entre 2007 y 2012 las magnitudes principales del transporte han tenido, dentro de una tónica global descendente, un comportamiento diferencial según la modalidad de transporte y el ámbito del desplazamiento.

En la movilidad interior de personas, en lo que atañe al número de desplazamientos motorizados, las reducciones han sido relativamente moderadas, del entorno de los 7-8 puntos porcentuales, salvo en el caso de la aviación cuya caída ha llegado a ser de una cuarta parte.

Tabla 20. Evolución 2007-2012 del número de viajes en el interior del país

	2007 (millones)	2012 (millones)	% 2012 / 2007
viario (modos motorizados)	23.840	22.152	92,9
ferroviario	1.949	1.810	92,9
aéreo	89	67	74,9
marítimo	20	22	110,2
TOTAL	25.898	24.051	92,9

Si se atiende a los recorridos de esas personas el resultado es semejante, únicamente resiste el modo ferroviario, que incluso incrementa ligeramente sus cifras, debido a que la pérdida de viajes en los metropolitanos y cercanías se compensan con creces con el crecimiento de los servicios de largo recorrido y tranvías.

Tabla 21. Evolución 2007-2012 de las personas-km en el interior del país

	2007 (millones)	2012 (millones)	% 2012/2007
viario (modos motorizados)	586.267	545.999	93,1
ferroviario	29.201	29.558	101,2
aéreo	61.225	47.619	77,8
marítimo	1.612	1.429	88,6
TOTAL	678.305	624.605	92,1

Esas reducciones en el ámbito interior no se han producido en relación a los viajes internacionales "puros" (marítimos y aéreos), que han crecido moderadamente en el periodo 2007-2012 en términos de personas-km impulsados por el turismo extranjero:

Tabla 22. Evolución 2007-2012 de las personas-km en el exterior

	2007 (millones)	2012 (millones)	% 2012 / 2007
aéreo	266.301	278.487	104,6
marítimo	2.961	4.222	142,6
TOTAL	269.262	282.709	105,0

Las magnitudes del transporte de mercancías convencionales han sufrido en la crisis descensos más drásticos, de aproximadamente un 30%, como indica la tabla siguiente:

Tabla 23. Evolución 2007-2012 de los desplazamientos interiores de mercancías convencionales en toneladas-kilómetro

	2007 (millones)	2012 (millones)	% 2012 / 2007
viario	388.750	265.793	68,4
ferroviario	11.212	7.477	66,7
aéreo	147	86	58,5
marítimo	44.040	38.970	88,5
tubería	12.606	11.477	91,0
TOTAL	456.755	323.803	70,9

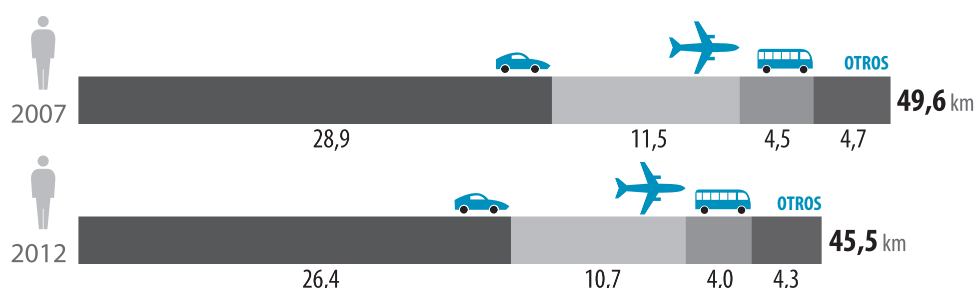
El transporte de bienes y mercancías fuera de las fronteras del país ha soportado durante la crisis descensos globales mucho menores que los de las mercancías interiores, con un comportamiento diferencial según se considere las importaciones y las exportaciones. El incremento de las exportaciones (+56%) no ha compensado el descenso de las importaciones (-20%) en términos de toneladas-km recorridos en el exterior:

Tabla 24. Evolución 2007-2012 de las toneladas-km en el exterior

	2007 (millones)	2012 (millones)	% 2012/2007
marítimo	1.940.827	1.721.427	88,7
aéreo	28.569	11.118	38,9
TOTAL	1.969.396	1.732.546	88,0

En definitiva, la crisis ha supuesto un cambio en los repartos y balances de los desplazamientos, pero no tanto una reducción drástica de las cifras globales alcanzadas en el punto álgido del crecimiento del sector, tal y como expresa la cifra total de recorridos diarios que corresponden de media a cada habitante del país.

Figura 26. La evolución de los recorridos diarios por habitante en la crisis



Las infraestructuras y los vehículos

Dimensión de las infraestructuras

Para comprender el ciclo global del transporte es de gran utilidad tener una idea del orden de magnitud de las infraestructuras que soportan a cada uno de los modos de desplazamiento. En la tabla siguiente se indican las grandes cifras de las infraestructuras lineales de transporte, ofreciendo además algunos datos de referencia sobre la dimensión de las que suelen quedar al margen del análisis del transporte convencional[37].

Tabla 25. Infraestructuras lineales existentes en España en 2012

Modo	Categoría	Kilómetros
Viario	Carreteras del Estado, las CCAA y las Diputaciones y Cabildos	165.595
	Carreteras de otros organismos	11.355
	Total de carreteras de administraciones supralocales	176.950
	Viario municipal interurbano	361.517
	Viario municipal urbano	136.919
	Total de viario municipal	498.436
	Total viario convencional	675.386
Ferroviario	Ferrocarril	15.922
	Metro	583,8
	Tranvía	174,1
	Total ferroviario	16.680
Tubería	Gaseoducto	9.680
	Oleoducto	4.743
	Total tubería de productos energéticos	14.423
	Grandes conducciones de riego y abastecimiento de agua	14.734
Electricidad	Electricidad alta tensión 400 kV	20.104
	Electricidad tensión 220 kV	18.429
	Total infraestructuras de transporte de electricidad	38.533

Hay que indicar que las infraestructuras reseñadas no cubren el total de las existentes, pero sí son las que soportan el mayor número de desplazamientos de personas y mercancías y las que tienen unas mayores exigencias en términos ambientales, monetarios y sociales. Así, cabe recordar que no están contabilizadas aquí las redes vinculadas a las actividades agrarias, forestales y ganaderas. Tampoco están incluidas las redes de conducción, distribución y suministro de agua y energía, ni las redes de saneamiento.

A la vista de la tabla, se puede comprobar el enorme peso que tiene el viario en todas sus categorías y formas, que por su capilaridad representa el principal patrimonio infraestructural del que dispone la economía española.

37 No se han incorporado a la tabla los cientos de miles de kilómetros que constituyen la trama de caminos rurales, forestales y vías pecuarias, cuya cuantificación rigurosa está por hacer.

El modo en que habitualmente se reflexiona sobre el sistema de transporte, atendiendo sobre todo los parámetros referidos a las distancias recorridas, focaliza la atención sobre todo en las infraestructuras lineales, dejando muchas veces en una zona en sombra a las infraestructuras nodales o de estacionamiento, imprescindibles para la funcionalidad del conjunto. De dichas infraestructuras nodales las de mayores exigencias ambientales, sociales y monetarias son las reflejadas en la tabla siguiente:

Tabla 26. Infraestructuras nodales existentes en España en 2012

Modo	Categoría	Número
Aéreo	Aeropuertos comerciales	49
Marítimo	Puertos del Estado	48
	Puertos de las Comunidades Autónomas	364
	Total de puertos	412
Agua	Embalses	1.538
Ferroviario	Estaciones de ferrocarril	1.548

El panorama de las infraestructuras de transporte no se agota con esos dos conjuntos de infraestructuras. El modo viario, por ejemplo, exige unas infraestructuras de aparcamiento de enorme envergadura. Para tener una idea de la magnitud de las necesidades a ese respecto, cabe recordar que considerando únicamente el parque de automóviles existente en el país, la superficie para su estacionamiento en un solo lugar ascendería a más de 55.000 hectáreas, el terreno ocupado por 55.000 campos de fútbol.

Pero tan importante como conocer la planta actual de infraestructuras es conocer su evolución en las dos últimas décadas pues, como ahora se podrá comprobar, se puede hablar de una auténtica explosión de infraestructuras de alta capacidad.

En efecto, las grandes infraestructuras viarias, aeroportuarias, de tubería, portuarias y ferroviarias han registrado un crecimiento de tal envergadura que han superado en muchos casos las de otros países europeos de referencia. En lo que atañe a las infraestructuras lineales, que son las que mejor permiten ilustrar ese fenómeno, los crecimientos más espectaculares se han producido en las siguientes categorías:

Tabla 27. Evolución de las nuevas infraestructuras lineales de transporte (1992-2012)

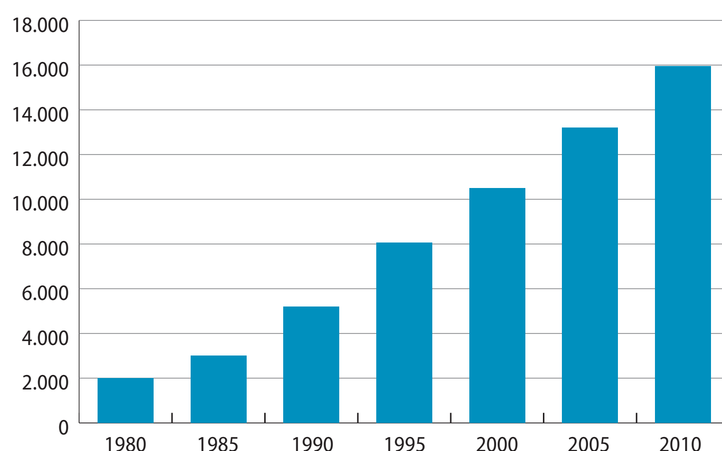
	1992	2007	2012
Carreteras de gran capacidad	7.324	14.689	16.335
Ferrocarril de alta velocidad	478	1.511	2.144
Metro	191,3	536,2	583,8
Tranvía	0	127,5	174,1
Gaseoducto	3.866	7.665	9.680
Electricidad alta tensión más de 220 kV	28.503	33.894	38.533

Entre 1992 y 2007 se han más que duplicado la longitud de las autovías y autopistas, de los ferrocarriles metropolitanos y de los gaseoductos, además de emerger con fuerza las nuevas redes de ferrocarril de alta velocidad y de tranvía.

Por expresarlo de una manera más gráfica, en los veinte años que median entre 1992 y 2012 se han construido diariamente más de 1,2 kilómetros de autovías o autopistas, casi un cuarto de kilómetro de línea de alta velocidad ferroviaria, 800 metros de gaseoductos y casi 1,4 km de líneas de alta tensión (más de 220 kV).

En el caso de la red de carreteras de alta capacidad, el crecimiento se puede ilustrar reflejando el cambio en cada lustro desde 1980:

Figura 27. Longitud (kilómetros) de la red de carreteras de alta capacidad (1980-2010)



Al extraordinario crecimiento de la red durante la última década del siglo XX sucedió una explosión semejante en la primera década del nuevo siglo, con 1,5 kilómetros de nuevas autovías y autopistas construidos diariamente.

Tabla 28. Crecimiento de la red de carreteras de gran capacidad en kilómetros (1990-2010)

	Incremento	Media anual	Media diaria
1990-2010	10.839	541,95	1,48
2000-2010	5.522	552,2	1,51

Esos crecimientos han conducido a situar a España como país europeo con mayor red de carreteras de alta capacidad, superando incluso a Alemania en los últimos años, tal y como se puede observar en la tabla siguiente que refleja, únicamente, los países con una dimensión geográfica del mismo orden de magnitud que España:

Tabla 29. Evolución de las redes de carreteras de gran capacidad en Europa

	1992	2007	2011
Alemania	11.013	12.594	12.845
España	6.486	13.013	14.554
Francia	7.408	10.958	11.412
Italia	6.289	6.588	6.668
Reino Unido	3.244	3.669	3.686

Fuente: Eurostat[38]

38 Eurostat incluye en esta categoría únicamente las autovías y autopistas, lo que excluye en el caso de España 1.703 km de vías de doble calzada incorporadas por el Ministerio de Fomento en sus Anuarios como vías de gran capacidad.

En los quince años transcurridos entre 1992 y 2007 la red de autovías y autopistas españolas se duplicó, superando en longitud a la que tenían los dos países con mayores redes, Alemania y Francia. Desde el inicio de la crisis hasta la actualidad, aunque los kilómetros de carreteras de alta capacidad añadidos han sido más reducidos, el ritmo de crecimiento ha seguido superando al de los otros países de referencia.

La otra gran infraestructura lineal de referencia, el ferrocarril de alta velocidad, también ha crecido por encima de lo ocurrido en el resto de los países europeos, construyéndose en España en estas dos últimas décadas la mayor red de alta velocidad del mundo, a excepción de China[39].

Tabla 30. Evolución de las líneas de alta velocidad ferroviaria en Europa

	1995	2007	2012
Bélgica	0	137	209
Alemania	447	1.285	1.334
España	471	1.511	2.144
Francia	1.220	1.872	2.036
Italia	248	562	923
Holanda	0	0	120
Reino Unido	0	113	113

Fuente: Eurostat

Con respecto a las infraestructuras nodales, el crecimiento de estas dos décadas se ha producido sobre todo en términos de ampliación de lo existente, aunque también se han creado algunos nuevos aeropuertos y, en el ámbito marítimo, una gran cantidad de puertos deportivos.

39 En 2012 la red china alcanzaba 9.356 km y la japonesa 2.057 km si no se tienen en cuenta los tramos con velocidades inferiores a 250 km. Fuente: *High Speed lines in the World*. UIC High Speed Department. Cifras actualizadas en noviembre de 2013.

El parque de vehículos y la motorización

Aunque cada modo de transporte y cada medio tienen unas características muy diferentes, parece oportuno contar también con un orden de magnitud del número de vehículos disponibles en España para el transporte tanto de personas como de mercancías.

A la vista de la tabla siguiente, se puede comprobar que hay un vehículo para cada habitante de este país: 47 millones de vehículos frente a 46,7 millones de personas en 2012.

Tabla 31. Número de vehículos existente en España en 2012

Modo	Medio	Número
Viario	Turismos	22.247.528
	Camiones	2.696.904
	Furgonetas	2.287.818
	Motocicletas	2.852.297
	Ciclomotores	2.169.668
	Autobuses	61.127
	Tractores industriales	186.964
	Remolques y semirremolques	410.369
	Otros vehículos	460.196
	Bicicletas	12.599.016
	Total viario motorizado	33.372.871
	Total viario	45.971.887
Ferroviarios	Trenes	20.171
	Metropolitanos	3.570
	Tranvías	226
	Total ferroviario	23.967
Aviones	Transporte aéreo comercial	614
	Otros explotadores	2.307
	Total aviación	2.921
Barcos	Buques	1.230
	Embarcaciones de recreo	220.000
	Total marítimo	221.230
Transporte vertical	Ascensores	750.000
TOTAL		46.970.005

Es llamativo reseñar que el 98% de ese conjunto de vehículos pertenecen al modo viario, es decir, les corresponde la circulación en calles, caminos y carreteras. De los vehículos motorizados del modo viario, dos terceras partes son automóviles (turismos) y un 15% vehículos de dos ruedas (motocicletas y ciclomotores). Tras el modo viario, son los ascensores los vehículos más numerosos en el país.

Una referencia comparativa fundamental es la denominada tasa de motorización o número de automóviles por cada 1.000 habitantes, que es un buen indicador del modelo de movilidad y del grado de dependencia que ha alcanzado un país respecto a este vehículo. En la tabla siguiente se puede apreciar la situación de la motorización en algunos países en los años de referencia del presente trabajo:

Tabla 32. Evolución de la motorización (automóviles por 1.000 habitantes) en diversos países de la Unión Europea

	1992	2007	2012
UE (28)	361	462	487
España	335	476	476
Dinamarca	310	378	399
Alemania	480	501	539
Francia	481	506	512
Italia	518	608	621
Holanda	371	451	472
Suecia	413	464	465
Reino Unido	364	469	464

Fuente: *EU transport in figures. Statistical Pocketbook*, de 2014.

La motorización de España llegó en 2007 a ser superior a la del conjunto de la Unión Europea y a la que tenían países que son referencia de calidad de vida, como Suecia, Holanda o Reino Unido, los cuales contaban hace veinte años con tasas superiores a la española. Tras la crisis, en 2012, el número de automóviles por 1.000 habitantes en España ha quedado ligeramente por debajo de la media europea, pero sigue siendo superior a la de los mencionados países de referencia.

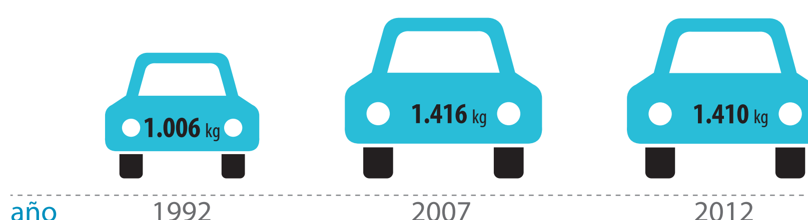
Los otros tres grandes países europeos, Alemania, Italia y Francia, con motorizaciones muy elevadas y en crecimiento en los últimos años, muestran que el modelo de movilidad dependiente del automóvil sigue consolidándose en la Unión Europea, pese a los discursos y acciones de las administraciones que pretenden reconducirlo.

El peso de los vehículos

Una característica fundamental del parque de vehículos es su peso, indicador evidente de las exigencias de materiales y energía que conlleva su fabricación, pero también de la propia evolución de sus rasgos principales.

En el caso del automóvil, en las dos últimas décadas se ha producido una transformación del parque espectacular. Mientras que el automóvil promedio matriculado en 1992 pesaba una tonelada, en 2007 había engordado más de 400 kilogramos hasta alcanzar los 1.416 kg. La crisis del último periodo ha hecho descender muy ligeramente ese peso promedio, dejándolo en 2012 en 1.410 kg.

Figura 28. Evolución del peso medio de los automóviles matriculados cada año



Estas cifras son coherentes con las del conjunto de países europeos, tal y como refleja un informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente, en el que se indica que el peso medio del automóvil vendido en la Unión Europea era de 1.379 kg en 2007 y de 1.401 kg en 2012[40].

El resto de los vehículos del modo viario presentan los siguientes pesos promedio según se estima en el *Volumen de Metodología*[41]:

Tabla 33. Peso promedio de los vehículos del modo viario matriculados en España en 2012

	Peso en kg
Bicicletas	13
Ciclomotores	88
Motocicletas	162
Furgonetas	1.445
Camiones	5.327
Autobuses	12.536

Para los otros modos, los pesos promedio están estimados en el *Volumen de Metodología* al calcular la energía requerida en el proceso de fabricación. De esos análisis se obtienen los siguientes pesos promedio:

Tabla 34. Peso promedio de los vehículos empleados en los modos ferroviario, marítimo y aéreo en España en 2012

Vehículos de las flotas españolas	Peso en toneladas
Tren de viajeros	230
Tren de mercancías (locomotora y 10 vagones)	310
Avión de pasajeros	52
Buque portacontenedores	9.520
Barco de pasajeros (crucero)	45.102
Buque tanque	7.177

Conociendo la ocupación media de los vehículos se puede estimar, en el caso de los desplazamientos de personas, cuál es el peso del vehículo que corresponde a cada una de las que viajan en ellos, lo que da una primera impresión de las exigencias de cada medio de transporte. Por ejemplo, en el caso de los vehículos del modo viario, con las ocupaciones calculadas para 2007 (véase el capítulo correspondiente del volumen metodológico) se obtienen los siguientes resultados:

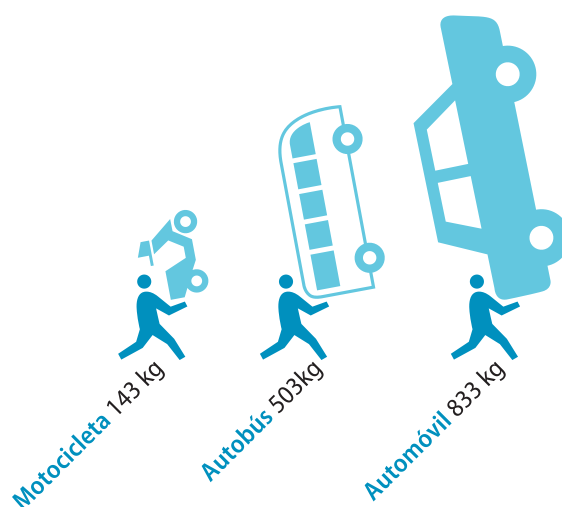
40 *Monitoring CO_2 emissions from new passenger cars in the EU: summary of data for 2012*. European Environment Agency. Copenhague, 2013. En este informe se ofrecen datos para España; 1.416 kg en 2007 y 1.400 kg en 2012, algo inferiores a los calculados en el presente trabajo.

41 Este volumen puede consultarse en http://www.ecologistasenaccion.org/article27000.html

Tabla 35. El peso del vehículo que acompaña a cada persona que se desplaza (2007)

	Peso del vehículo que corresponde a cada persona que viaja (kg)
Automóvil (interurbano)	833
Automóvil (urbano)	869
Autobús (interurbano)	503
Autobús (urbano)	964
Motocicleta (interurbano)	143
Ciclomotor (urbano)	75
Bicicleta	13

Figura 29. El peso del vehículo que corresponde a cada viajero en el viario interurbano



La energía en el transporte

El consumo energético constituye el indicador fundamental en el desarrollo de las presentes Cuentas Ecológicas del Transporte. La estimación de la energía consumida por el sistema de transporte de bienes y personas en el país tiene dos objetivos complementarios. Por un lado, se trata de conocer la envergadura absoluta de los requerimientos energéticos de la actividad, diferenciando los modos de transporte y las fases de su ciclo de vida. Y, por otro, de relacionar dicho consumo con la cantidad de desplazamientos realizados, es decir, establecer una medida del consumo unitario de cada modo de transporte en términos de kilómetros recorridos (personas-km y toneladas-km).

Energía en la fase de desplazamiento o circulación

El proceso de aproximación a los consumos energéticos en la actividad del transporte arranca con la estimación de los consumos de energía en la fase de circulación o desplazamiento, por ser esta la de mayor relevancia en cuanto a la utilización de recursos energéticos, como se puede ver en la figura 53.

En línea con lo comentado anteriormente, y dada la relevancia de esta fase, se analizarán también los resultados en relación con los desplazamientos realizados.

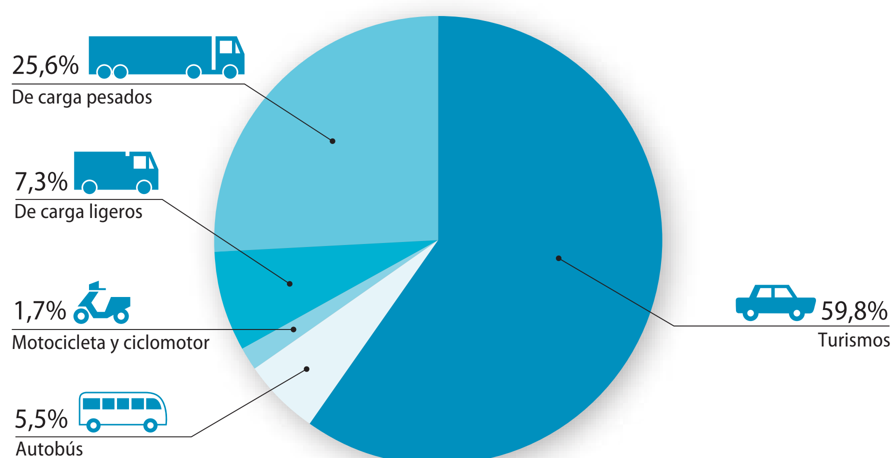
Viario

De acuerdo con los cálculos realizados (ver volumen metodológico), la circulación del modo viario fue responsable, en 2012, del consumo de más de 27,6 millones de toneladas equivalentes de petróleo (energía primaria), de los que un 60% corresponden a la circulación de turismos.

Tabla 36. Consumo de energía en circulación del modo viario (2012)

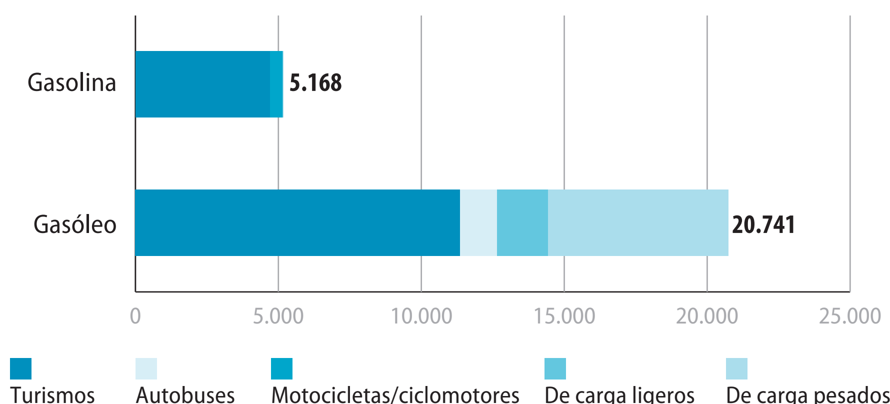
Año 2012	Consumo de energía final (tep)				Consumo de energía primaria (tep)
	GAS NATURAL	GASÓLEO	GASOLINA	GLP	
Turismos	0	11.352.165	4.704.125	28.688	16.520.716
Autobuses	76.154	1.294.530	0	0	1.531.358
Ciclomotores	0	0	22.958	0	25.254
Motocicletas	0	0	410.301	0	451.331
De carga ligeros	0	1.777.198	22.545	0	2.015.261
De carga pesados	0	6.317.303	8.361	0	7.084.577
TOTAL	76.154	20.741.197	5.168.290	28.688	27.628.498

Figura 30. Distribución del consumo de energía primaria en los desplazamientos del modo viario (2012)



Las estadísticas de consumo de productos petrolíferos de Cores[42] (fuente fundamental para este cálculo) ponen de relieve el predominio del gasóleo como principal combustible empleado en la circulación de los automóviles. Combustible cuyo consumo se reparte fundamentalmente entre los turismos y los vehículos de carga. Mientras que en el caso de la gasolina, el principal responsable de su consumo son los turismos.

Figura 31. Consumo de gasolina y gasóleo (miles de tep) en la circulación del modo viario (2012)

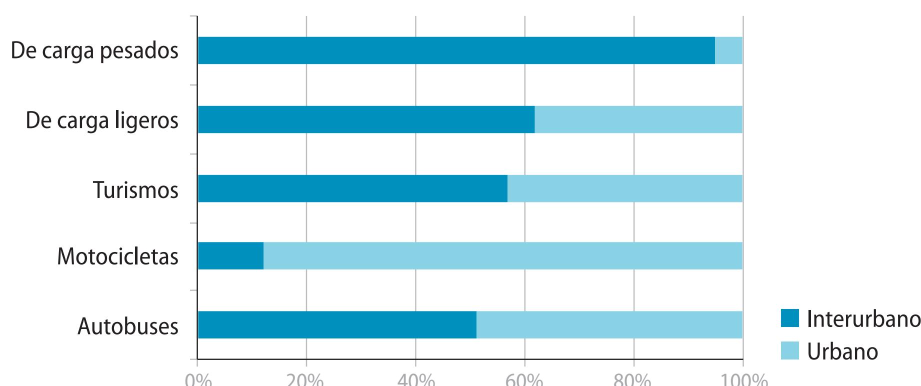


Analizada la evolución de este consumo de energía, se observa un importante descenso respecto al año 2007, en el que el consumo de energía primaria superó los 34 millones de tep. Se trata, por tanto, de un descenso del orden del 19% en el conjunto del sistema viario, variando entre el 14% para los servicios de autobús y autocar y el 26% para el segmento de las dos ruedas motorizadas. Se observan también diferencias en la evolución del consumo de los distintos combustibles, siendo el de gasolina (26,5%) más acusado que el del gasóleo (17%).

Tiene interés conocer el reparto de los consumos energéticos de la circulación de los modos viarios en función del ámbito en que este se producen, es decir, si están asociados a recorridos interurbanos o urbanos:

42 Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos.

Figura 32. Reparto del consumo de energía en el sector viario en función del ámbito del recorrido (2012)

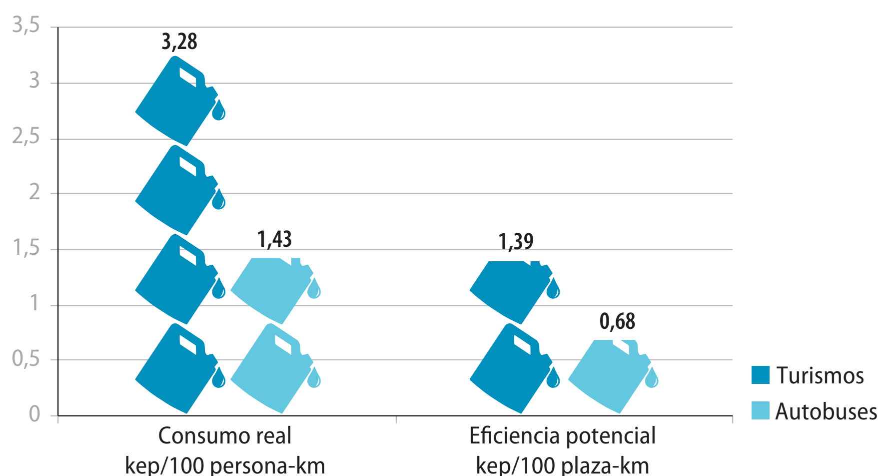


Este análisis permite identificar modos, tales como las dos ruedas motorizadas, que presentan un marcado carácter urbano. Siendo además frecuente que los desplazamientos en ámbito interurbano de este modo de transporte respondan a recorridos de corte lúdico o deportivo, en los que la conducción se aleja de los óptimos de eficiencia energética. Otros modos, como los de carga (fundamentalmente los pesados), presentan un marcado carácter interurbano, produciéndose la gran mayoría de sus recorridos, y por tanto sus consumos, en este ámbito. Sin embargo, las furgonetas presentan una mayor presencia, y por tanto consumo, en el ámbito urbano, donde la distribución de mercancías de "última milla" en vehículo pesado no es posible. En el caso de los turismos, los consumos en el ámbito interurbano son ligeramente superiores a los del ámbito urbano. Mientras que los autobuses urbanos y autocares presentan unos consumos bastante equilibrados.

Como se ha dicho, es también de máximo interés analizar los consumos unitarios por kilómetro recorrido y persona o tonelada transportada, lo que permite analizar de manera comparada la eficiencia de los sub-modos viarios. En este mismo sentido, es igualmente interesante poner en relación los consumos, no solo con las personas o mercancías transportadas, sino con la capacidad de transporte de personas o mercancías, respectivamente, de cada uno de los modos a estudio.

Para realizar este análisis se emplean los factores de consumo unitario calculados según lo expuesto en el *Volumen de Metodología*. En favor de una mayor claridad, y a la vista de que existen modos cuyo ámbito de actuación está claramente definido, se realiza este análisis diferenciando entre el transporte de personas y mercancías en ámbito interurbano y urbano.

Figura 33. Consumo de energía primaria por persona-km en el viario interurbano (2012)

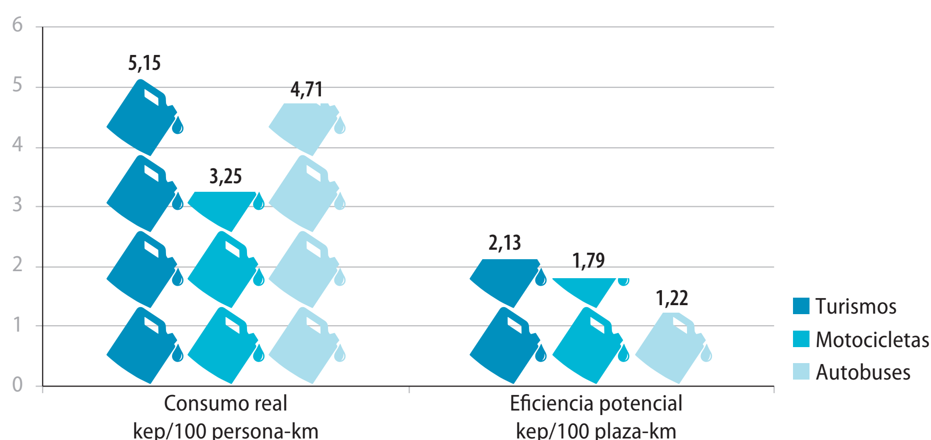


En el caso del transporte interurbano de personas por carretera, en términos de eficiencia modal, se observa cómo el autobús es el modo menos consumidor de energía, tanto por persona y kilómetro desplazado como en cuanto a su eficiencia potencial, es decir, su consumo en el caso de ocupación de toda su capacidad.

En términos comparativos, cada persona que se desplaza en coche tiene de media un consumo 2,29 veces superior a la que lo hace en autobús. En caso de que se ocuparan todas las plazas de todos los vehículos, el autobús sería más de dos veces más eficiente que el automóvil promedio del parque español.

En el entorno urbano, tal y como se puede observar a continuación, el régimen de circulación y operación y, sobre todo, la baja ocupación de los servicios de transporte urbano colectivo hace que sus vehículos acusen una fuerte disminución de la eficiencia, llegando a presentar patrones de consumo unitario solo un 10% inferiores a los del automóvil en términos de persona-kilómetro. Se observa, además, cómo esta pérdida de eficiencia del autobús convierte a los dos ruedas motorizados en el modo más eficiente en el ámbito urbano, de acuerdo a las pautas actuales de uso de los diferentes tipos de vehículo[43].

Figura 34. Consumo de energía primaria por persona-km en el viario urbano (2012)



Descontando el efecto de la baja ocupación, si se realiza el análisis en términos de consumo energético por kilómetro recorrido y plaza ofertada, se observa cómo el nivel de eficiencia del autobús es muy superior al de turismos y motocicletas (los consumos unitarios del coche y la moto son un 73% y un 46% superiores a los del autobús en entorno urbano). Este análisis por plaza ofertada deja en entredicho la pretendida eficiencia comparativa de los vehículos de dos ruedas motorizados en el ámbito urbano ya que, en términos de plaza-km, solo el consumo unitario de las motocicletas de menor cilindrada es más eficiente que el correspondiente al automóvil. Frente a los 2,17 kep/100 plaza-km de una motocicleta de entre 250 y 750 c.c., un turismo de gasoil con un cubicaje inferior a 2.000 c.c. consume 1,93 kep/100 plaza-km, siendo 2,02 kep/100 plaza-km el consumo de un coche de gasolina de menos de 1.400 c.c.

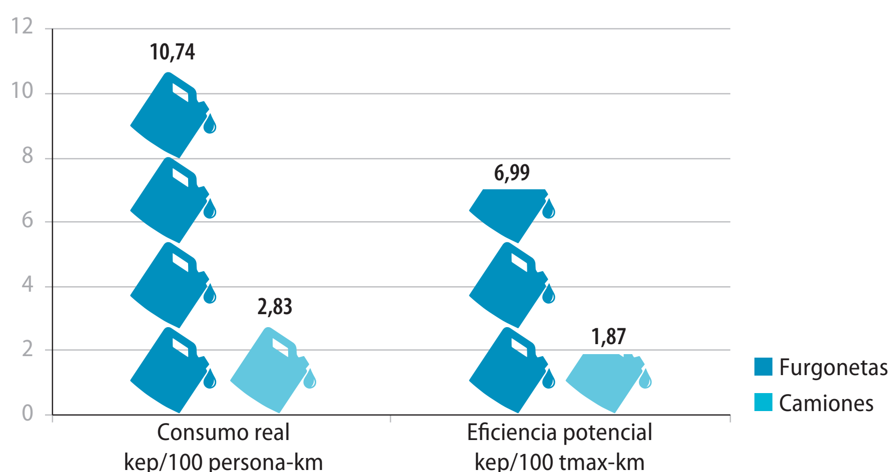
43 Hay que tener en cuenta, no obstante, que se trata de valores promedio de la flota de este tipo de vehículos y que existen diferencias significativas cuando el análisis se hace por segmentos. Así, por ejemplo, una motocicleta de cilindrada superior a 750 c.c. presenta unos consumos unitarios similares o incluso superiores a los de los turismos por debajo de los 2.000 c.c. de gasolina o diésel. El elevado consumo de energía de las grandes motocicletas está reflejado ampliamente en la bibliografía (*Motocycles, cyclomoteurs: énergie et environemment*. Stéphane Barbusse. ADEME. Valbone, Francia, 2005).

Las diferencias entre el consumo unitario referido a las personas-km transportadas y las plazas-km ofertadas dan una visión de la aproximación al óptimo de eficiencia de cada sub-modo que conllevan las pautas de utilización observadas en cada uno de ellos. Así, de la información sobre consumos unitarios se desprende que los consumos del automóvil en España son, por término medio, un 238% superiores a su óptimo de eficiencia. Cifra similar a la del autobús, cuyas pautas de uso actuales arrojan consumos promedio un 250% por encima de su óptimo de eficiencia energética. Mientras que en el caso de las motocicletas, su utilización es algo más eficiente en este sentido, pues sus consumos promedio se sitúan en torno al 180% de su óptimo de eficiencia.

Dicho con otras palabras, en la vida real, la eficiencia en el uso de la energía de los vehículos como el automóvil o el autobús es más de dos veces inferior a sus prestaciones teóricas.

En el caso del transporte de mercancías por carretera, lo más destacable es la enorme diferencia entre los vehículos ligeros (furgonetas) y pesados (camiones) en cuanto al consumo energético necesario para el transporte de las cargas (del orden de 3,8 veces superior en el caso de las furgonetas para una misma carga y un mismo recorrido). Se hace evidente que la distribución de mercancías en el último tramo de los recorridos se realiza mediante vehículos de carga ligeros, no tanto por la idoneidad de este tipo de vehículos, sino ante la imposibilidad de realizarla utilizando otros vehículos más eficientes, fundamentalmente por la necesidad de acceder a entornos de tipo urbano o periurbano en los que la circulación de grandes camiones no está permitida o atañe dificultades para su operación.

Figura 35. Consumo promedio de energía primaria por tonelada-km en el modo viario (2012)



Evidentemente, al agrupar los diferentes vehículos en categorías amplias, se laminan las diferencias existentes en el seno de dichas categorías. Por ejemplo, dentro del grupo de los automóviles, los consumos tienen un rango considerable de variación; dependiendo del tamaño, el ámbito de circulación y el combustible del vehículo, el consumo puede duplicarse o reducirse casi a la mitad respecto a los valores promedio.

En cualquier caso, lo que queda patente es la importancia de la ocupación de los vehículos de cara a mejorar la eficiencia del sector viario, especialmente en el caso de los modos de transporte colectivo, donde la eficiencia por plaza-km es mayor.

Así, un sencillo análisis de sensibilidad en el ámbito urbano pone de relieve que si se alcanzase una ocupación media de 2 personas por vehículo en el caso de los turismos (ocupación próxima a un 50%, frente al 41% de 2012), el consumo de energía final se vería reducido en el entorno de un 18%, sumando aún unas 5,7 millones de toneladas equivalentes de petróleo. Mientras que si se lograse un índice de ocupación medio de los autobuses del 50% (25 personas por autobús, frente a las 13 de media de 2012), el consumo de este modo se vería reducido a cerca del 50%, pasando de unas 822 ktep a aproximadamente 427 ktep.

No obstante, y aun dejando los modos no motorizados fuera de la ecuación, la estrategia que más efectiva se revela en cuanto a la mejora de la eficiencia del sector viario es la de la transferencia modal, como pone de manifiesto el hecho de que, la misma cantidad de vehículos y recorridos (vehículos-kilómetro) de los autobuses urbanos en 2012, y por tanto con un consumo de energía casi idéntico (882.000 tep), tiene el potencial de trasladar casi cuatro veces más personas. Mientras que en el caso de los turismos, este potencial se reduce a un factor de 2,5 de las personas transportadas y con un coste energético aún muy elevado (7 millones de tep).

Ferrocarril

La operación de servicios ferroviarios en España emplea energía eléctrica y gasoil para la tracción de los trenes y los servicios auxiliares a bordo (apertura y cierre de puertas, climatización, iluminación, información luminosa y acústica, etc.).

Las cifras globales de estos consumos, desagregadas en función del tipo de combustible y la compañía operadora, son conocidas a través de publicaciones como *Los transportes y las infraestructuras* del Ministerio de Fomento. La siguiente tabla ofrece una síntesis de dichos consumos:

Tabla 37. Consumo de energía en la operación de los servicios ferroviarios (2012)

	Energía final (tep)		Energía primaria (tep EP)
	Gasóleo	Electricidad	
ADIF	72.186,7	202.702,0	553.347,42
FEVE	7.993,4	1.952,2	13.503,20
CC.AA.	1.390,2	19.100,6	46.080,50
Cías. Privadas	0,1	77,4	180,53
TOTAL	81.570,4	223.832,2	613.111,65

El análisis de la evolución del consumo energético en el sector ferroviario revela un crecimiento de algo más del 7% respecto al año 2007, cuando el consumo de energía primaria se situó en torno a 570.000 toneladas equivalentes de petróleo. Correspondiendo la gran mayoría de este incremento a los servicios de ADIF/Renfe, por otra parte, responsable de la gran mayoría de los desplazamientos ferroviarios en España. Si bien, en términos relativos, el crecimiento del consumo energético en el caso de las operadoras autonómicas se sitúa por encima de este promedio, siendo del 11% entre 2007 y 2012.

No se dispone de información acerca del reparto del consumo energético de cada compañía operadora entre los diferentes tipos de servicios operados, cuya clasificación habitual es la siguiente:

- Servicios ferroviarios de pasajeros de larga distancia (incluye alta velocidad)
- Servicios ferroviarios de pasajeros de media distancia (incluye alta velocidad)
- Servicios ferroviarios de pasajeros de cercanías
- Servicios ferroviarios de mercancías

Hay varios factores que contribuyen a mantener esa laguna de información. El primero es la dificultad técnica de diferenciar el consumo eléctrico entre servicios que emplean la misma línea ferroviaria y que, incluso, pueden estar haciéndolo simultáneamente en distintos tramos alimentados por las mismas infraestructuras eléctricas. Esta dificultad podría ser subsanada incorporando la medición del consumo en cada tren. Un segundo factor es la propia definición de las clasificaciones empleadas en el sector que, como se ha podido apreciar, incluyen en una misma categoría servicios muy diversos. El tercer factor tiene que ver con una cierta opacidad y/o desinterés en conocer la desagregación de consumos por parte de las compañías operadoras, cuyas cuentas de resultados pueden ser de ese modo matizadas en función de diversos objetivos.

En sustitución de ese análisis detallado por tipo de tren y servicio, las operadoras ofrecen habitualmente datos desagregados a través de un método de reparto que tiene en la masa bruta de los trenes en circulación su variable fundamental, las denominadas Toneladas Kilómetro Brutas Remolcadas (TKBR). Este método, cuyas limitaciones han sido puestas de manifiesto en el *Volumen de Metodología*, permite, no obstante, obtener una orientación acerca de la proporción de la energía que es consumida en los servicios de personas respecto a la consumida en los servicios de mercancías.

De acuerdo con esta aproximación, se estiman las siguientes proporciones de reparto de la energía total consumida por las diferentes compañías operadoras de servicios ferroviarios:

Tabla 38. Reparto del consumo de energía primaria en el ferrocarril en función de la carga bruta remolcada (2012)

	Consumo de energía total (tep EP)	% consumo servicios de personas	% consumo servicios de mercancías
ADIF	553.347,42	86,45%	13,55%
FEVE	13.503,20	50,20%	49,80%
CC.AA + Privadas	46.261,03	97,90%	2,10%

Con gran cautela, debido a las limitaciones antes mencionadas, este cálculo permite estimar unos factores de consumo unitario promedio para el transporte ferroviario de personas y mercancías:

Tabla 39. Factores de consumo unitario de energía primaria en el ferrocarril (2012)

	Pasajeros (kep EP/100 personas-km)	Mercancías (kep EP/100 toneladas-km)
Consumo unitario	2,17	1,01

Metros y tranvías

A partir de la información publicada por las propias operadoras en sus memorias anuales, se ha podido estimar el consumo de energía de los sistemas metropolitanos españoles, cuya cuantía asciende a 153.000 toneladas equivalentes de petróleo (energía primaria). Esta cifra supone una reducción del 4% respecto al consumo contabilizado en 2007.

Tabla 40. Consumo energético en tracción en los metropolitanos en España (energía primaria)

	Consumo energético tracción (tep EP)	
	2007	2012
Barcelona	36.869	37.896
Bilbao	9.820	10.304
Madrid	100.476	93.557
Sevilla	-	1.601
Valencia	12.319	9.742
SUMA	159.484	153.100

De todos ellos, son los metros de Madrid y Barcelona los que mayor proporción de consumo se llevan, por ser los que cuentan con una red más extensa.

Teniendo en cuenta los datos de producción de transporte, es posible estimar los siguientes factores de consumo unitario:

Tabla 41. Consumo energético unitario en los metropolitanos en España (energía primaria, 2012)

	Consumo unitario en tracción (kep EP/100 persona-km)
Barcelona	1,99
Bilbao	1,86
Madrid	2,45
Sevilla	2,28
Valencia	2,72
PROMEDIO	2,28

Se observa cómo, en término unitarios, el Metro de Barcelona pasa a situarse entre los más eficientes a causa, muy probablemente, de su mayor aprovechamiento, al contar con una elevada demanda y mayores índices de ocupación de los vehículos. No ocurre igual en el caso de Madrid, acusando posiblemente la disminución de la ocupación media debida a las ampliaciones de la red hacia zonas que no han conseguido consolidar una fuerte demanda (Metro Este, Metro Norte, etc.).

Por su parte, en el caso de los sistemas tranviarios, ante la falta de información representativa de los casos españoles, se ha recurrido a información bibliográfica al respecto, en particular al estudio *Transport Energy Use and Greenhouse Gases in Urban Passenger Transport Systems: A Study of 84 Global Cities*[44], en el que se determina, entre otras cuestiones, un ratio de consumo unitario de energía por persona-km para los sistemas de tranvía y metro ligero en Europa occidental (4,01 y 3,84 kep EP/100 personas-km, respectivamente). Usando el promedio de estos dos valores para el caso del sistema tranviario español, del que se conocen sus datos de demanda, se obtienen los siguientes resultados:

44 Elaborado por J.R. Kenworth a partir de información de la base de datos Millennium Cities Database for Sustainable Transport, de la L'Union internationale des transports publics (UITP).

Tabla 42. Consumo energético en los sistemas tranviarios en España (energía primaria)

	Persona-km (millones)		Consumo energético tracción (tep EP)	
	2007	2012	2007	2012
Alicante	10,0	42,1	392,8	1.654,0
Barcelona	121,0	137,2	4.751,0	5.390,3
Bilbao	7,5	7,7	294,6	302,8
Metro Ligero de Madrid	-	49,6	-	1.949,5
Murcia	-	20,2	-	792,8
Parla	22,0	20,0	864,1	785,6
Sevilla	2,7	9,1	106,0	356,8
Tenerife	26,7	58,5	1.047,1	2.296,7
Valencia	23,7	39,2	930,8	1.540,3
Vélez Málaga	-	1,2	-	47,1
Vitoria	-	29,1	-	1.143,1
Zaragoza	-	60,2	-	2.364,6
TOTAL TRANVÍAS	213,5	474,2	8.386,4	18.623,6

Aéreo

De acuerdo con lo publicado por el Ministerio de Fomento en su informe anual *Los transportes y las infraestructuras*, el consumo de energía primaria correspondiente a la fase de vuelo (y operaciones asociadas) en el modo aéreo, en 2012, ascendió a 6 millones de toneladas equivalentes de petróleo. Proviniendo la mayoría de este consumo de la utilización de queroseno, con pequeñas cantidades añadidas de gasolina de aviación.

En cuanto al ámbito en el que se produce dicho consumo, la gran mayoría (81%) corresponde a la aviación internacional, es decir, aquella con alguno de sus extremos en un aeropuerto internacional[45].

Tabla 43. Consumo de energía en la fase de vuelo del transporte aéreo en España (2012)

	ENERGÍA FINAL		ENERGÍA PRIMARIA
	Gasolina aviación (tep)	Queroseno (tep)	(tep EP)
Vuelos nacionales	1.074	1.023.792	1.147.388
Vuelos internacionales	4.601	4.384.903	4.914.264
TOTAL	5.675	5.408.696	6.061.652

El análisis de las series históricas de datos permite observar que el consumo energético correspondiente a la aviación doméstica ha experimentado un notable descenso (35%), superior a la tasa de caída de la producción de transporte aéreo nacional en el mismo periodo (22%). Mientras que el consumo internacional se ha mantenido prácticamente constante. Ello ha propiciado que el peso relativo de la aviación doméstica en el total del consumo energético del modo aéreo haya

45 Para la determinación de la proporción del consumo correspondiente a la aviación nacional e internacional se ha utilizado el *Inventario Nacional de Emisiones* como referencia, tal y como se explica en el *Volumen de Metodología*.

experimentado un decrecimiento en el periodo analizado, pasando de representar el 27% de la energía primaria consumida por este modo en 2007 al 19% en 2012.

Por lo que respecta a la distribución del consumo de energía entre los servicios de transporte de viajeros y mercancías, un 98% de los vuelos son de pasajeros, siendo tan solo un 2% vuelos de carga completa. No obstante, hay que tener en cuenta que, además de en aviones de carga, el transporte de mercancías en modo aéreo se realiza también de manera combinada con el transporte de personas, haciendo uso de la capacidad disponible en las bodegas de estas aeronaves (en el volumen metodológico se explica el camino seguido para estimar esta proporción de carga).

Tabla 44. Distribución del consumo de energía primaria (tep EP) en la fase de vuelo del transporte aéreo en España (2012)

	Pasajeros	Mercancías	Total
Vuelos nacionales	1.123.107	24.281	1.147.388
Vuelos internacionales	4.810.268	103.996	4.914.264
TOTAL	5.933.375	128.277	6.061.652

Poniendo en relación estos datos de consumo total con el número de personas-km del modo aéreo en España, tanto en su componente interior como la parte internacional (ver volumen metodológico para la estimación de las magnitudes del transporte en España), se obtienen los factores de consumo de energía por persona-km en cada uno de estos tipos de servicios aeronáuticos.

Tabla 45. Consumo unitario de energía primaria en aviación (2012)

	kep/100 persona-km
Vuelos nacionales	4,72
Vuelos internacionales	3,46
Promedio	3,64

A la hora de analizar los datos hay que tener en cuenta que en la navegación aérea se pueden distinguir dos fases fundamentales de operación, la relativa a las operaciones de despegue y aterrizaje, y la correspondiente a la de crucero, siendo en esa primera fase en la que se producen los mayores consumos energéticos. En este sentido, en los vuelos nacionales el peso relativo de la fase de despegue y aterrizaje respecto al total del desplazamiento es significativamente mayor que en los vuelos internacionales, de ahí su mayor consumo unitario.

Si, teniendo en cuenta los índices de ocupación de las aeronaves, se estima el consumo energético en relación a las plazas-km ofertadas, los resultados son los siguientes:

Tabla 46. Consumo unitario potencial de energía primaria en aviación (2012)

	kep/100 plazas-km
Vuelos nacionales	3,70
Vuelos internacionales	2,71
Promedio	2,86

Se observa cómo, aunque los índices de ocupación de los aviones son significativamente elevados (cercanos al 80%), aún existe un pequeño potencial de mejora de la eficiencia del modo aéreo, en términos de ocupación, siendo sus consumos unitarios, por término medio, un 27% superiores a su eficiencia actual.

Marítimo

Como en el resto de modos, en el transporte marítimo es posible distinguir entre servicios de transporte de personas y de mercancías. Sin embargo, el transporte marítimo de personas presenta la particularidad de que, salvo en el caso de los viajes de placer en cruceros, se produce de manera combinada con el transporte de mercancías, en los denominados servicios "ferry", en los que el pasaje va acompañado de su propio automóvil en muchos de los casos. Esto ha obligado a seguir un método estimativo, descrito en el *Volumen de Metodología*, para distinguir entre la parte del consumo de combustible que se asocia al transporte de personas del que corresponde a las mercancías. Los resultados obtenidos, cuyo punto de partida son los datos sobre consumo global del sector calculados por el *Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera*, se sintetizan en el siguiente cuadro:

Tabla 47. Consumo de energía en la fase de navegación del transporte marítimo en España (2012)

		ENERGÍA FINAL		ENERGÍA PRIMARIA
		Fuelóleo (tep)	Gasóleo (tep)	(tep EP)
Transporte marítimo de personas	Navegación interior	22.973	3.630	29.633
	Navegación internacional	93.098	14.710	119.682
	Total Personas	116.071	18.340	149.315
Transporte marítimo de mercancías	Navegación interior	979.406	154.752	1.262.350
	Navegación internacional	7.036.837	1.111.863	9.057.939
	Total Mercancías	8.016.243	1.266.615	10.320.289
TOTAL		8.132.314	1.284.955	10.469.604

Se observa cómo la mayor parte del consumo energético se produce en el transporte de mercancías, particularmente en el transporte de mercancías en navegación internacional. Siendo el consumo de energía correspondiente al transporte de personas inferior al 1,5% del total del sector.

En cuanto a la evolución del consumo energético en el sector marítimo, apenas ha variado en el periodo entre 2007 y 2012, con un crecimiento inferior al 0,5%. Esto se debe a la estabilidad en los consumos del transporte de mercancías, mayoritario del sector, ya que el consumo de energía en el sector del transporte marítimo de personas se ha incrementado en un 30% respecto a 2007. Aunque este crecimiento apenas tiene repercusión en el conjunto del sector.

Por su parte, en lo que respecta a los consumos unitarios, la siguiente tabla sintetiza los resultados obtenidos para los servicios marítimos de personas, en los que se observa cómo los denominados "Fast Ferry" son notablemente más consumidores de energía que los ferries convencionales, superando incluso en su consumo unitario a los buques de crucero:

Tabla 48. Consumo unitario de los servicios marítimos de personas (2012)

	UNITARIO (kep EP/100 persona-km)
Fast Ferry	7,24
Mixto	1,51
Crucero	6,09

En el caso de las mercancías, solo se dispone de un valor estimado del consumo unitario promedio, aunque su valor real es muy dependiente del tipo de buque y de la carga transportada.

Tabla 49. Consumo unitario de los servicios marítimos de mercancías (2012)

	UNITARIO (kep EP/100 toneladas-km)
Buque de carga promedio	1,15

Tubería de productos energéticos

El consumo de energía en el transporte por tubería se produce, fundamentalmente, en la maquinaria auxiliar y motores de compresión distribuidos a lo largo de toda la red de transporte de productos petrolíferos y gas natural. Dada la dificultad en su estimación, los siguientes resultados no incluyen los consumos en la red de distribución, limitándose a la red de transporte.

De acuerdo con el proceso de cálculo explicado en el *Volumen de Metodología*, se han estimado los siguientes consumos energéticos asociados al transporte por tubería en España:

Tabla 50. Consumo de energía en el transporte por tubería (2012)

CONSUMO DE ENERGÍA FINAL (tep)			CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA (tep)
Electricidad	Gas licuado	Gasóleo	
24.558	54.831	91	114.920

Estos valores son el resultado de aplicar el valor estimado del consumo energético promedio para el transporte por tubería (agregando oleoducto y gaseoducto) –0,701 kep/100 tonelada-km– a las cifras de producción de transporte por tubería en España, conocidas a través del *Anuario Estadístico* del Ministerio de Fomento.

Tubería de agua

El consumo energético en el transporte de agua, necesario en las etapas de captación, aducción y distribución, presenta significativas diferencias cuando está destinado a la agricultura y cuando tiene como objetivo el suministro urbano a hogares, industrias y actividades económicas. O cuando se destina a las aguas residuales.

El consumo energético del transporte de agua urbana se ha calculado a partir de un consumo medio de 0,5 kWh/m^3 de energía final, que se considera una referencia adecuada para la contribución de los diferentes recursos (superficial, subterráneo, marino) al abastecimiento no

agrario[46]. Para el agua de usos agrarios el consumo unitario medio estimado para el cálculo es de 0,24 kWh/m^3 de energía final[47]. Y, finalmente, para el transporte de aguas residuales, se ha estimado un consumo de 0,05 kWh/m^3 de energía final. En conjunto, el transporte de agua en España requiere las siguientes cifras de consumo energético agregadas:

Tabla 51. Consumo de energía primaria requerido por transporte de agua en España (2011)

	Energía final (GWh)	Energía primaria (ktep)
Abastecimiento urbano	1.696	340.728
Usos agrarios	4.538	911.929
Recogida de aguas residuales	136	27.258
TOTAL	6.370	1.279.916

De la tabla se deduce que el orden de magnitud de este consumo es relativamente pequeño con respecto al enorme volumen de agua desplazada, pero nada desdeñable. Téngase como referencia, por ejemplo, que la energía consumida por todo el sistema ferroviario gestionado por ADIF en tracción, estaciones y otros usos en ese mismo año fue de 619 ktep[48], la mitad de los requerimientos energéticos del transporte de agua.

Hay que tener en cuenta que la eficiencia de la tubería en el transporte del agua se deriva en buena parte de su aprovechamiento de la fuerza gravitatoria a través de la energía potencial del agua captada en altitud. Otro aspecto relevante del transporte de agua es que el peso de la energía contenida en la infraestructura es del mismo orden de magnitud al requerido por el propio desplazamiento del agua, lo que diferencia a esta forma de transporte de casi todas las demás, mucho más exigentes en la fase de tracción o movimiento que en el soporte infraestructural del mismo.

Cable eléctrico

En el transporte de la electricidad entre las centrales de generación y los puntos de consumo se producen unas pérdidas que se pueden considerar como el consumo de desplazamiento de este vector energético. Sus dimensiones no son tampoco nada desdeñables. Según los factores de conversión entre energía en bornes de la central y energía en punto de consumo, la electricidad consumida en el transporte representaba en 2011 un 8,4% del consumo final, lo que se traduce en 1.772.522 tep de consumo aparente en el cable eléctrico.

46 De los trabajos que se han preocupado del consumo energético en el uso del agua se deducen cifras medias entre 0,43 y 0,65 kWh/m^3 para las fases de captación, aducción y distribución. La más baja, 0,43 kWh/m^3, la ofrece el trabajo "Agua y energía en el riego en la época de la sostenibilidad" de Joan Corominas (*Ingeniería del Agua*, Vol. 17, nº 3, Septiembre de 2010). Por su parte, Laurent Hardy y Alberto Garrido, en su *Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España* (Fundación Botín. Madrid, 2010). La cifra más alta, 0,65 kWh/m^3, se deduce del artículo "Agua y energía: un análisis global" (inédito, 2008), derivado del trabajo "Consumos energéticos en el ciclo del agua urbana" de Antonio Estevan (gea21, S.L.) realizado para el Centro de Estudios Hidrográficos (CEH-CEDEX) del Ministerio de Fomento (Madrid, enero 2008); una síntesis de ese artículo fue publicada en el libro *Agua y sostenibilidad: funcionalidad de cuenca*, publicado por el Observatorio de la Sostenibilidad de España (Madrid, 2008). La cifra media de consumo unitario de electricidad en el uso del agua era en 2005, según los cálculos de Antonio Estevan, de 1,17 kWh/m^3, a la que hay que restar la energía para el tratamiento/potabilización y depuración.

47 Las fuentes de la nota anterior presentan estimaciones entre 0,24 y 0,34 kWh/m^3.

48 Según los datos de la *Memoria Ambiental* de ADIF de 2007, el consumo en tracción se elevó ese año a 2.151,15 GWh de electricidad y 97,38 millones de litros de gasóleo B, a lo que hay que añadir un 10% de consumos energéticos correspondientes a estaciones e instalaciones complementarias.

De esa cifra, para evitar dobles contabilidades, se resta la electricidad consumida en el transporte correspondiente al consumo eléctrico del modo ferroviario, la tubería y los ascensores, lo que representa un total de 185.360 tep. En definitiva, el consumo derivado del transporte de electricidad que se añade al sistema de desplazamientos es de 1.587.162 tep de energía primaria.

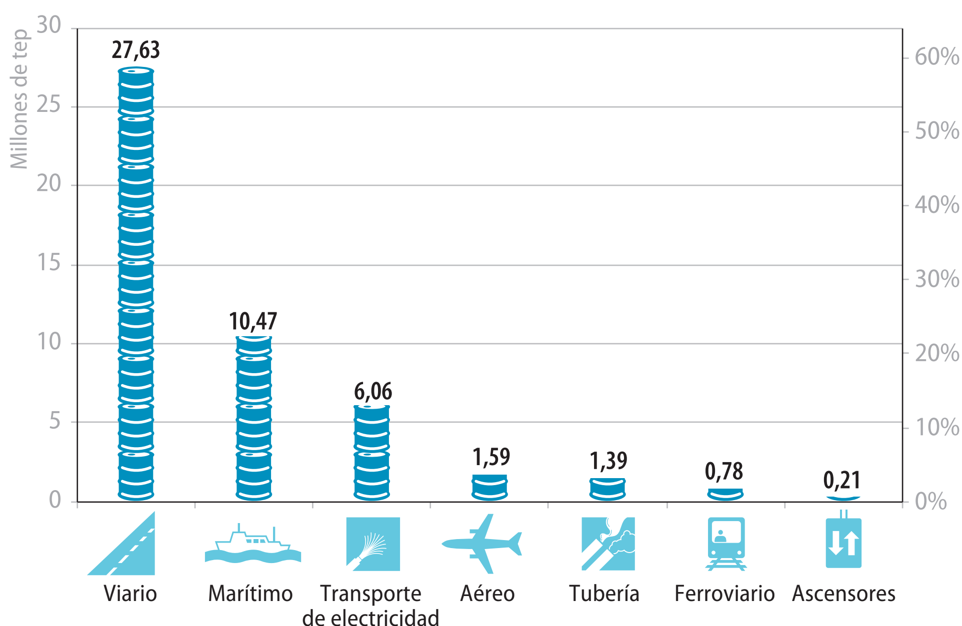
Ascensores

El último modo de transporte que se incorpora a estas cuentas de gasto energético es el de tipo vertical. Para los ascensores instalados en España (750.000) se ha estimado un consumo en 2011 de 205.102 tep de energía primaria en la fase de desplazamiento; una cifra superior en un 33% a la del consumo conjunto de todos los ferrocarriles metropolitanos del país.

Síntesis y comparación de resultados en la fase de desplazamiento

Una vez analizados todos los modos, es posible cuantificar el volumen total de energía primaria consumido por el sistema de transportes de personas y mercancías en España en su fase de desplazamiento, tanto interior como internacional, que en el año 2012 ascendió a más de 48 millones de toneladas de petróleo equivalentes.

Figura 36. Consumo de energía primaria del sistema de transportes español (personas y mercancías; interior e internacional) en su fase de desplazamiento (2012)



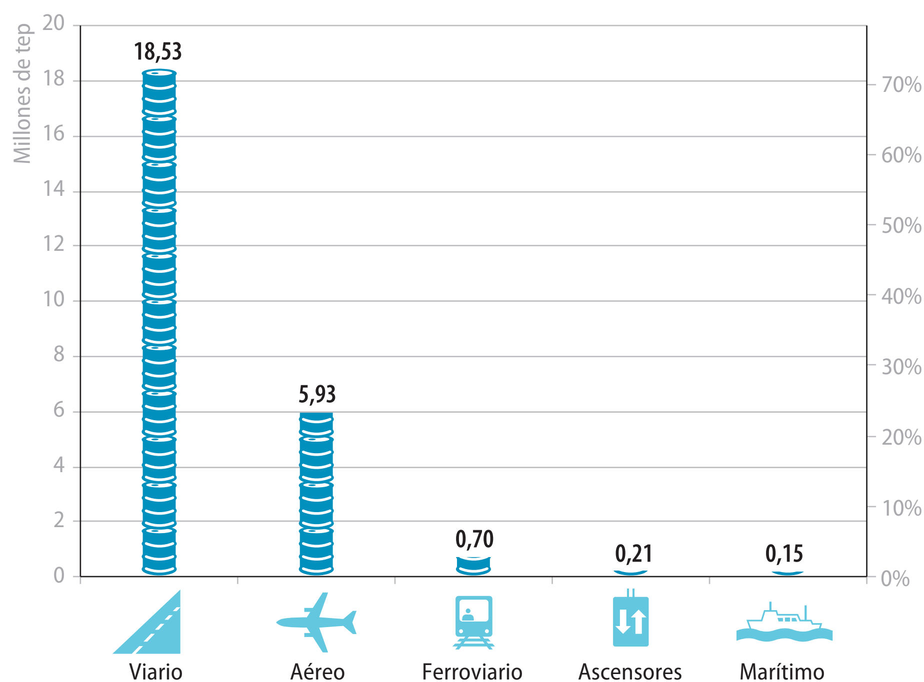
Un 57% de este consumo de energía primaria corresponde al modo viario, seguido por el transporte marítimo y el aéreo. Llama la atención el significativamente elevado peso relativo del

consumo energético asociado al transporte de agua y combustibles por tubería y de electricidad, superior al de los modos ferroviarios.

Si desagregamos este análisis entre el transporte de personas y mercancías, se observa cómo un 53% del consumo de energía total se dedica al transporte de personas (25,6 millones tep EP), mientras que el restante 47% se consume en el transporte de mercancías (22,6 millones tep EP).

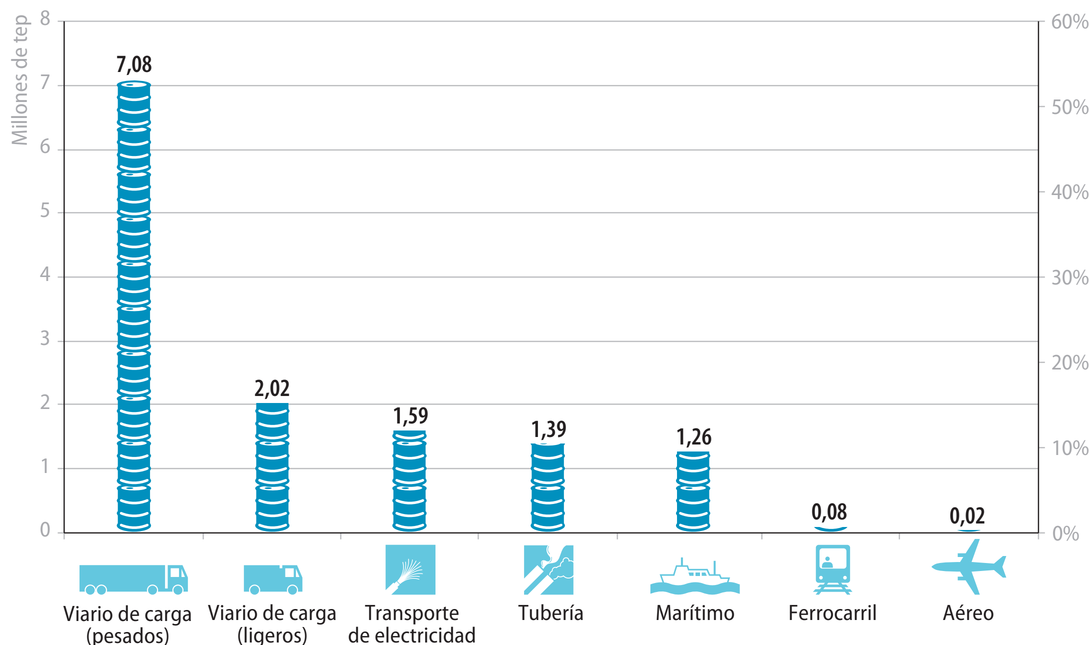
En el caso del transporte de personas, el modo viario se mantiene como el principal responsable del consumo energético, sumando un 73% del total de energía primaria, de los que la gran mayoría corresponde a los turismos (89%). Por detrás del viario se sitúa el modo aéreo, responsable del consumo de un 23% de la energía total del sistema de transporte de personas. Mientras que los modos ferroviarios no llegan a representar el 3%.

Figura 37. Consumo de energía primaria del sistema de transportes de personas (interior e internacional) de España en su fase de desplazamiento (2012)



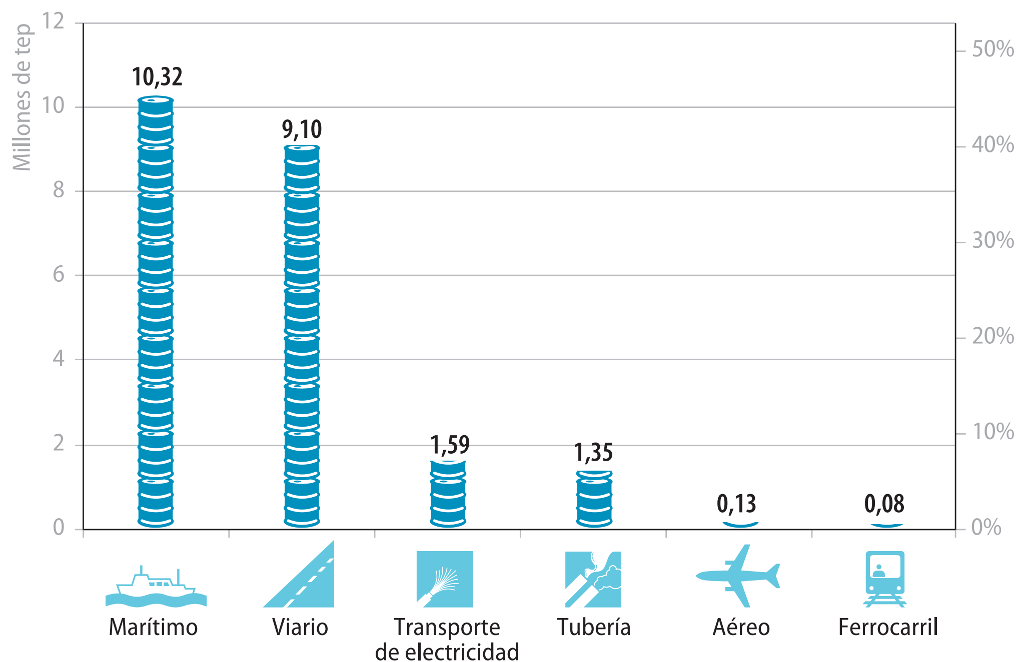
Este predominio del modo viario cambia cuando se analiza el desplazamiento de las mercancías desde la doble perspectiva interior e internacional. Contando solo los desplazamientos que no salen del país, el 68% del consumo se corresponde con el modo viario, que se mantiene como el modo predominante. Siendo el segundo medio de transporte más consumidor de energía el cable eléctrico, con un 12% del total. Al transporte marítimo y la tubería les correspondería en torno a un 10% del consumo energético aproximadamente a cada uno.

Figura 38. Reparto del consumo energético entre los modos de transporte de mercancías en desplazamientos interiores (2012)



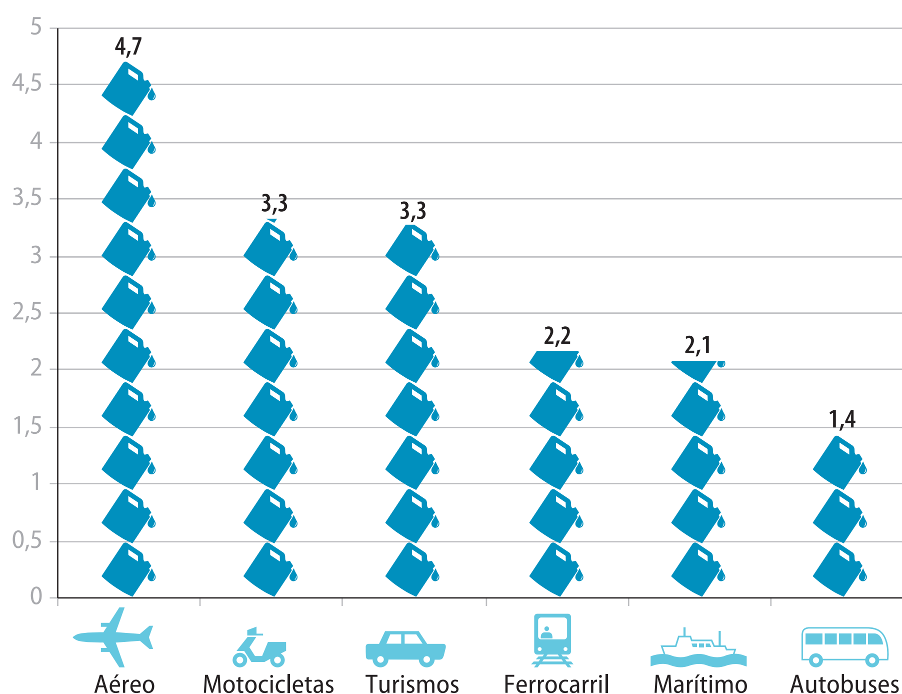
Pero cuando se añaden las cifras de los desplazamientos internacionales el panorama cambia drásticamente, siendo el modo marítimo el mayor responsable del consumo energético, representando casi la mitad del total (46%). Mientras que el modo viario acumula un 40% del consumo de energía del sistema. A destacar el 7% del consumo asociado al transporte de electricidad y el 6% del modo tubería, notablemente por encima del consumo de los modos ferroviario y aéreo.

Figura 39. Consumo de energía primaria del sistema de transportes de mercancías (interior e internacional) en España en su fase de desplazamiento (2012)



No obstante, estas cifras están muy condicionadas por el nivel de demanda movilizado por cada modo. Por lo que, en términos de eficiencia energética, cobra interés realizar un análisis similar al anterior, pero para el caso de los consumos unitarios de energía, es decir, el consumo por unidad de desplazamiento (persona-km o tonelada-km) en el interior del país. Es preciso tomar los resultados como aproximaciones a la cuestión, debido a las limitaciones de los métodos de estimación empleados en algunos casos, como ya se ha mencionado más arriba y se amplía en el volumen metodológico.

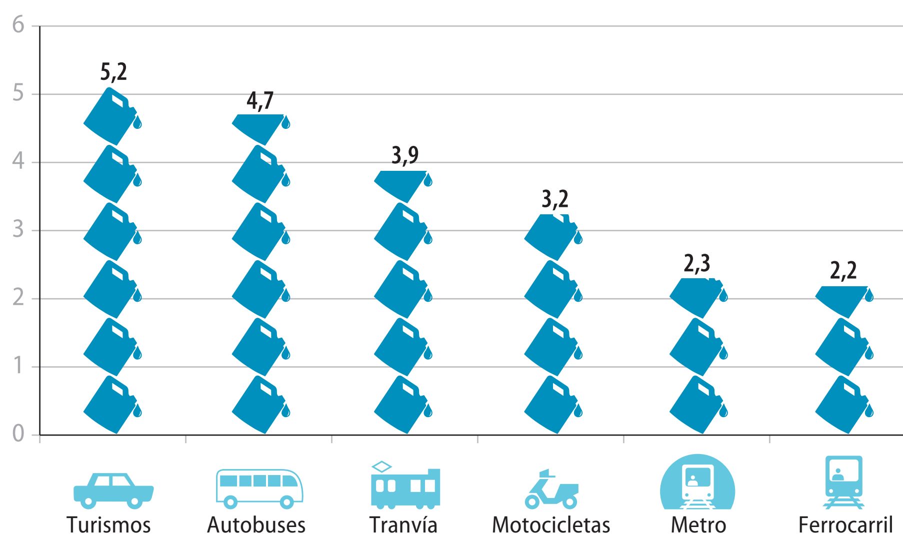
Figura 40. Consumo unitario de energía (kep/100 persona-km) en el transporte interurbano de personas (2012)



En el caso del transporte interurbano de personas, se observa cómo destaca el alto consumo del modo aéreo, cuya eficiencia mejora si se consideran los vuelos internacionales, seguido por los turismos y motocicletas. El autobús es el modo que presenta una mayor eficiencia.

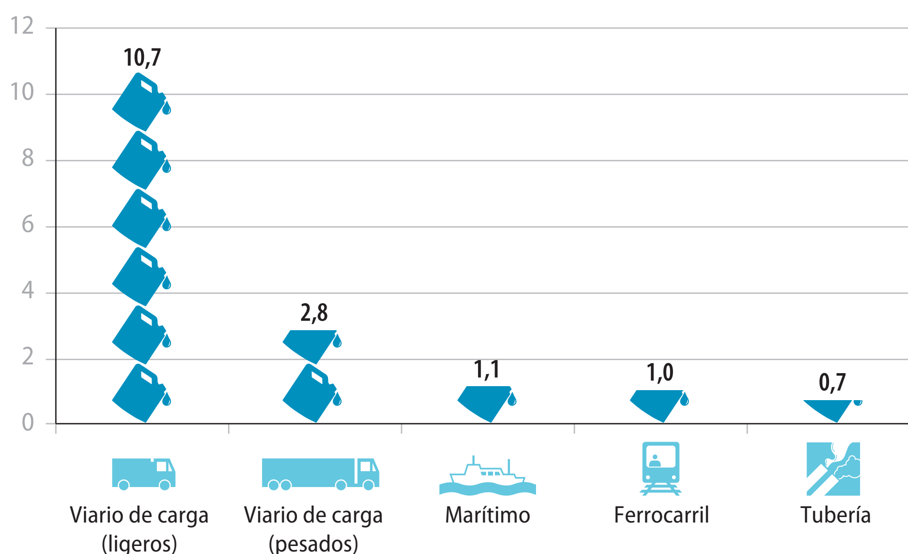
Por el contrario, en el transporte urbano de personas se observa una notable pérdida de eficiencia de los modos viarios, siendo especialmente llamativa la del autobús, a causa de sus bajos índices globales de ocupación y de la congestión del viario en la que desarrolla sus servicios. Mientras que los modos ferroviarios se revelan como los más eficientes en este ámbito, con consumos unitarios por debajo de la mitad de los correspondientes a los turismos o a los buses urbanos, con la única excepción de los sistemas tranviarios, cuya eficiencia no se asemeja a la del ferrocarril convencional o los sistemas metropolitanos.

Figura 41. Consumo unitario de energía (kep/100 persona-km) en el transporte urbano de personas (2012)



Por su parte, el transporte de mercancías está claramente marcado por el salto de eficiencia entre las furgonetas y el resto de modos. Se observa, por tanto, que el empleo de vehículos de carga ligeros para la distribución de mercancías de volumen más reducido y en radios de acción más cortos no se debe tanto a la idoneidad de este tipo de vehículos, sino a la imposibilidad de realizarla utilizando otros vehículos más eficientes, fundamentalmente por la necesidad de acceder a entornos de tipo urbano o periurbano en los que la circulación de grandes camiones no está permitida o atañe dificultades para su operación. En cualquier caso, el modo viario en su conjunto se presenta como más ineficiente que cualquiera de los demás, cuyos consumos unitarios son del orden de tres veces menores.

Figura 42. Consumo unitario de energía (kep/100 t-km) en el transporte de mercancías (2012)



Energía en la fabricación y puesta en uso de los vehículos

El consumo energético asociado a la fabricación de los diferentes tipos de vehículos cuenta con tres componentes:

1. Contenido energético de los materiales: consumo energético que se precisa para la producción de los materiales que componen los vehículos, desde su extracción como materia prima hasta su procesamiento en plantas industriales.
2. Consumos de energía en los procesos de producción: incluye los procesos de fabricación de piezas y montaje de componentes, así como su posterior ensamblaje. No se incluye el consumo energético asociado a la fabricación de la maquinaria empleada o la construcción de las propias plantas de producción.
3. Consumos de energía en la distribución y venta: se refiere a la energía necesaria para el transporte de los vehículos a sus puntos de venta, así como la energía requerida para el funcionamiento de los puntos de venta de los mismos.

De estos tres componentes, el análisis se ha centrado en los dos primeros, dada la dificultad para abordar el cálculo en el caso de la red de concesionarios de venta de vehículos en los casos en los que procede (fundamentalmente turismos, furgonetas y motocicletas) o la inexistencia de dicha red en otros casos (camiones, autobuses, trenes, aviones y barcos).

Además, a la hora de analizar los resultados, hay que tener en cuenta que se ha considerado que los costes energéticos en los que se incurre en la fabricación de los vehículos que se incorporan al sistema repercuten sobre el mismo a lo largo de toda la vida útil de los vehículos, distribuyéndose de forma homogénea a lo largo de todo este periodo, en lo que a los efectos del presente trabajo se ha denominado "amortización del consumo energético de fabricación de vehículos nuevos". La principal implicación metodológica de este supuesto es que, en lugar de considerar exclusivamente el parque de vehículos incorporado al sistema en los años a estudio (2007 y 2012), la consideración se amplía a todos los vehículos matriculados o puestos en servicio en un periodo de tiempo de duración idéntica al periodo de vida útil de los vehículos, inmediatamente anterior a dichas fechas.

Figura 43. Ejemplo de amortización del consumo energético de fabricación de turismos

	AMORTIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS NUEVOS																							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Turismos matriculados en 2000																								
Turismos matriculados en 2001																								
Turismos matriculados en 2002																								
Turismos matriculados en 2003																								
Turismos matriculados en 2004																								
Turismos matriculados en 2005																								
Turismos matriculados en 2006																								
Turismos matriculados en 2007																								
Turismos matriculados en 2008																								
Turismos matriculados en 2009																								
Turismos matriculados en 2010																								
Turismos matriculados en 2011																								
Turismos matriculados en 2012																								

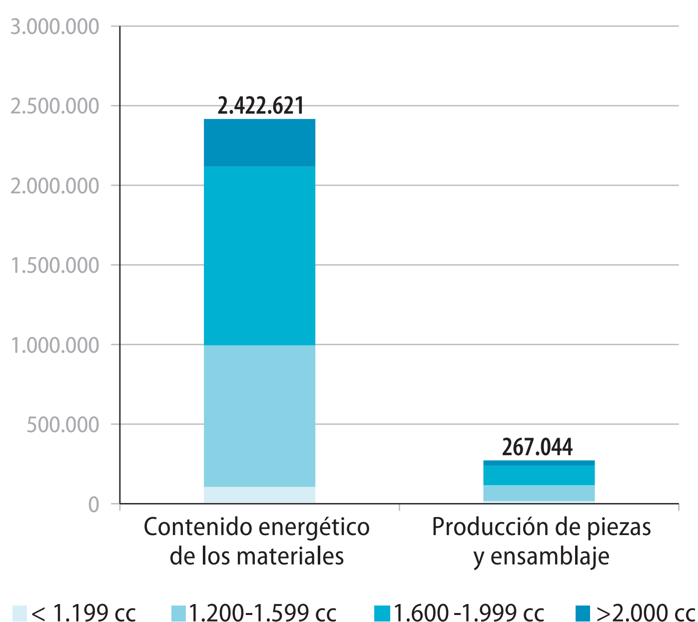
Consumo energético de fabricación de vehículos nuevos amortizado en 2012

A continuación se presentan los resultados de esta fase, cuyos detalles de cálculo se incluyen en el volumen metodológico.

En el caso de la fabricación de los turismos de nueva matriculación, su consumo energético en 2012 ascendió a 2,7 millones de toneladas equivalentes de petróleo (energía primaria), lo que equivale a un 16% del consumo energético en la fase de circulación. De este consumo energético, un 90% corresponde a la fase de producción de los materiales.

Por otra parte, se observa cómo son los turismos de entre 1.200 y 1.999 cc los que suman la mayor parte de este consumo energético, por ser este el rango de cilindradas en el que se sitúa la mayor parte del parque.

Figura 44. Consumo energético en la fabricación (producción de materiales y ensamblado) de turismos en España en tep (2012)

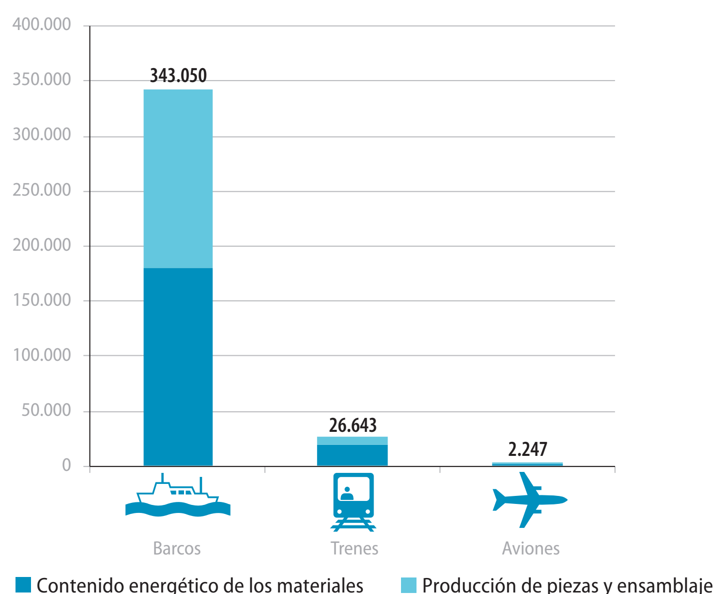


Analizado en su conjunto, la fabricación de los vehículos del modo viario en 2012 requirió un consumo energético total de 3,2 millones de toneladas equivalentes de petróleo, lo que representa un 11,6% del consumo de la fase de circulación.

Pero además de vehículos motorizados, el modo viario cuenta con una importante flota de bicicletas, cuyos costes de fabricación en 2012 ascendieron a 27.000 toneladas equivalentes de petróleo de energía primaria (tep EP).

Por su parte, en lo que respecta a los modos no viarios, es la fabricación de barcos la que requiere un mayor coste energético, del orden 343.000 tep EP, lo que equivale a un 3,3% del consumo energético en operación. En este caso, el consumo energético de fabricación se reparte casi a partes iguales entre la producción de materiales y el proceso de ensamblado del buque, representando esta última componente un 47% del total de la energía consumida en esta fase.

Figura 45. Consumo energético en la fabricación (producción de materiales y ensamblado) de barcos, trenes y aviones en España (2012)



En el caso de los ferrocarriles, su consumo energético de fabricación asciende a cerca de 27.000 tep EP, lo que supone una cantidad equivalente a un 4% de la energía consumida en tracción. De este consumo energético, la producción de materiales computa un 73%, mientras que los procesos de ensamblaje representan un 27%.

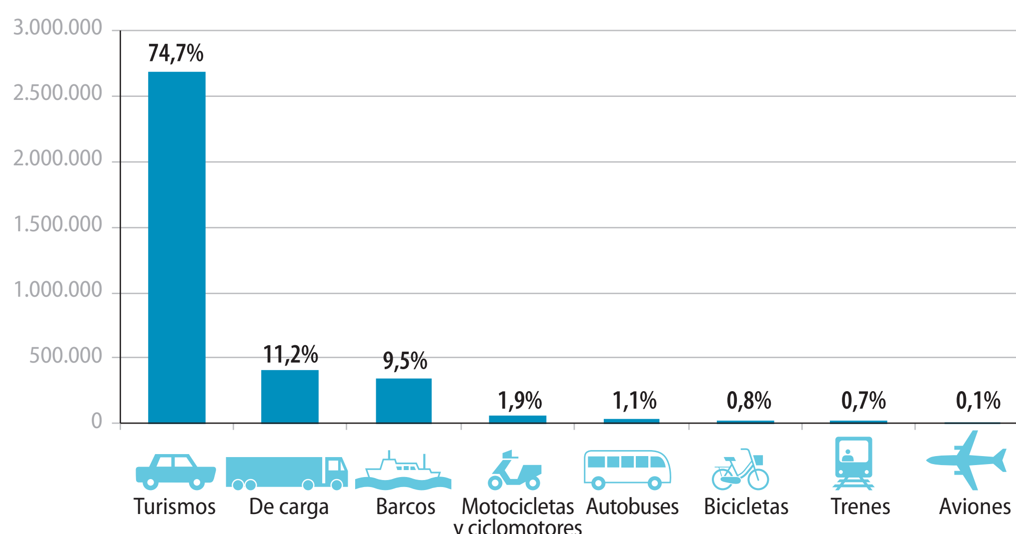
Mientras que el modo aéreo lleva asociados unos consumos energéticos en su fase de fabricación que ascienden a algo más de 2.000 toneladas equivalentes de petróleo (energía primaria), una cifra muy reducida en comparación con sus costes energéticos en la fase de operación, no llegando a representar ni siquiera un 0,5% de este consumo. De ellos, un 81% corresponden al contenido energético de los materiales.

De todo lo anterior se deduce que la energía total empleada en la fabricación de los vehículos nuevos incorporados al parque en España es de 3,6 millones de toneladas equivalentes de petróleo (energía primaria), de las que un 86% corresponde a los requerimientos energéticos de producción de los materiales que los componen.

Tabla 52. Consumo energético en la fabricación (producción de materiales y ensamblado) de vehículos en España (2012)

	Contenido energético vehículos nuevos (tep EP)	Consumo energético en fabricación (tep EP)	Total consumo energético de la flota nueva (tep EP)
Turismos	2.422.621	267.044	2.689.665
Motos	45.866	3.878	49.744
Ciclomotores	16.541	1.554	18.095
Autobuses	36.149	4.279	40.428
Furgonetas	257.737	32.593	290.331
Camiones	99.843	12.626	112.469
Bicicletas	27.077	-	27.077
Aviones	1.828	419	2.247
Trenes	19.436	7.207	26.643
Barcos	180.684	162.366	343.050
TOTAL	3.080.705	491.966	3.572.672

Figura 46. Comparación del consumo energético en la fabricación (producción de materiales y ensamblado) de vehículos en España (2012)



La comparación del consumo energético asociado a la fabricación de vehículos en los diferentes modos revela que el modo viario, en particular la flota de turismos, es el más demandante de energía, sumando un 75% del coste energético total asociado a esta fase. Por detrás de este modo, a notable distancia, se encuentra otro modo viario, en este caso el de los vehículos de carga, cuya fabricación representó en 2012 un 11% del total de los costes energéticos de fabricación de vehículos. Proporción similar a la de la flota de buques, que representa cerca del 10% de este consumo energético. El resto de modos se mueven en un abanico que va del 2% de las motocicletas al 0,1% de la flota aérea.

Por otro lado, cobra también interés el análisis de los requerimientos energéticos para la fabricación de cada unidad tipo de los diferentes vehículos. Lo que se puede abordar sin más que poner en relación estos consumos energéticos totales en la fase de fabricación con la flota de vehículos a la que corresponden en cada caso.

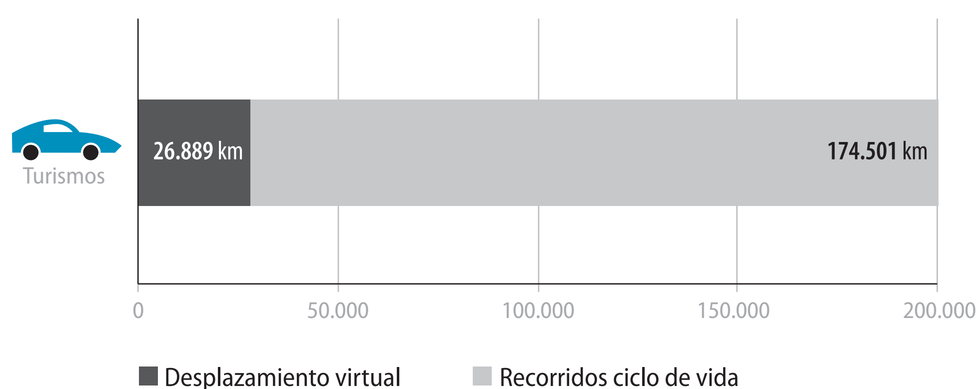
Tabla 53. Consumo energético en la fabricación (producción de materiales y ensamblado) de los vehículos promedio en España (2012)

Vehículo promedio	Contenido energético de los materiales (tep EP)	Consumo energético en fabricación (tep EP)	Total consumo energético de fabricación (tep EP)
Turismo	1,83	0,20	2,04
Moto	0,30	0,03	0,32
Ciclomotor	0,17	0,02	0,18
Autobús	10,87	1,29	12,16
Furgoneta	1,14	0,14	1,29
Camión	6,54	0,83	7,37
Bicicleta	0,02	-	0,02
Avión	168,01	147,14	315,15
Tren	680,30	252,26	932,56
Barco	44.031,21	39.567,06	83.598,27

Una manera quizás más ilustrativa de mostrar el esfuerzo energético en la fabricación de vehículos es compararlo con el que se requiere para los desplazamientos. Así, cuando un turismo promedio llega al punto de venta, lleva incorporados 2 tep de energía primaria, lo que es equivalente al consumo energético de recorrer 26.889 km. Lo que, suponiendo unas pautas de movilidad como las de 2007[49], corresponde a los recorridos cubiertos durante un periodo de 24 meses.

Es decir, antes de arrancar por primera vez, el turismo habrá consumido tanto como el 15,4% de la energía que empleará en sus desplazamientos a lo largo de toda su vida útil. Podría así hablarse de un desplazamiento virtual previo como el que indica la siguiente figura:

Figura 47. El recorrido virtual (antes de poder ser utilizado) de un turismo



Energía en el mantenimiento de los vehículos

Es frecuente que en los análisis de ciclo de vida de los diferentes modos de transporte se desprecie la fase de mantenimiento y reparación de los vehículos, por considerarlo irrelevante frente a los efectos (entre ellos el consumo energético) originados por las fases de fabricación, uso o fin de la vida útil.

Esto, que puede resultar aceptable cuando se analiza la vida de un único vehículo, no se justifica si el análisis, como es el caso de este trabajo, se realiza para la flota nacional de vehículos, cuando estos se cuentan por millones y su no contabilización escondería un importante consumo energético del sistema. El modo viario es una muestra de la envergadura que puede tener esa fase en algunos de los medios que lo componen.

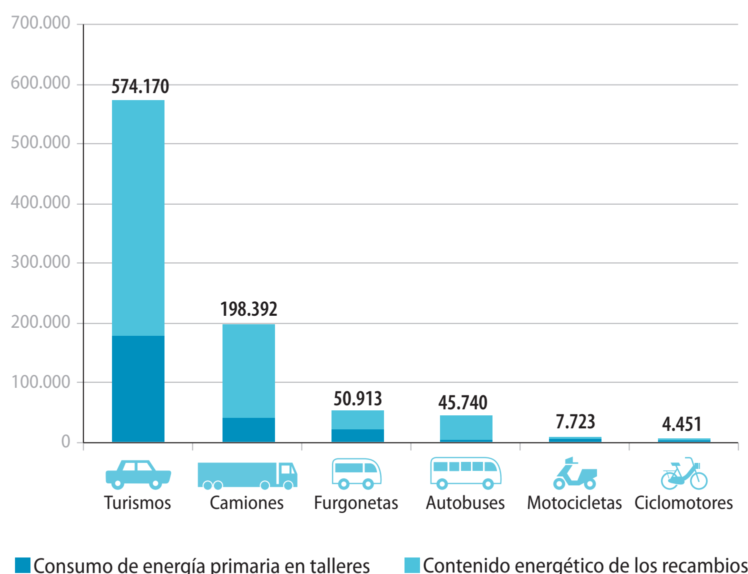
Los consumos energéticos asociados al mantenimiento y reparación de los automóviles incluyen dos componentes fundamentales:

- Consumo energético de los talleres en los que se realizan dichas tareas
- Contenido energético de las piezas y recambios empleados

49 Se considera más adecuado utilizar este año como referencia para reflejar el comportamiento a lo largo del ciclo de vida de los turismos, puesto que las cifras de 2012 se han visto muy afectadas por la coyuntura económica del periodo de crisis actual, modificando significativamente las pautas de movilidad, utilización y renovación de vehículos, etc.

El siguiente gráfico sintetiza los resultados, cuyo proceso de cálculo se detalla en el volumen metodológico:

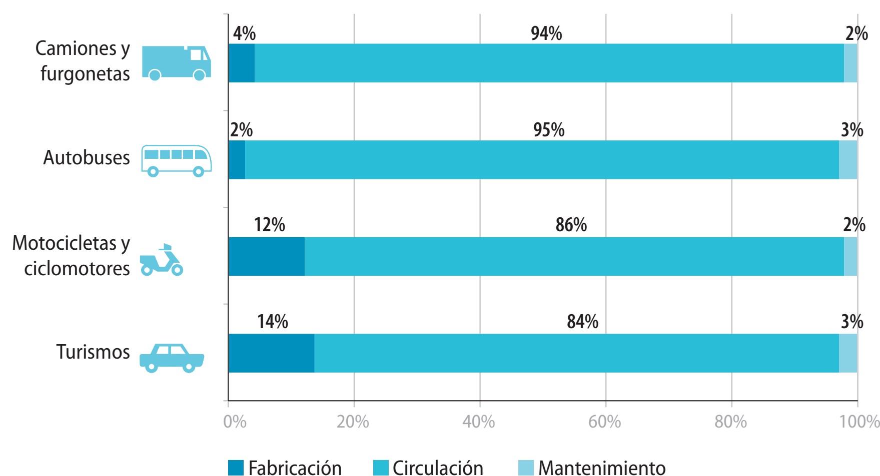
Figura 48. Consumo de energía primaria (tep EP) en el mantenimiento y reparación de la flota viaria en España (2012)



Se observa cómo el mantenimiento de los vehículos del modo viario supone un consumo energético de más de 830.000 tep EP, lo que representa una cantidad equivalente al 2,8% del consumo energético en la fase de circulación. Son los turismos los que más requerimientos de mantenimiento conllevan, superando los 574.000 tep EP, lo que equivale a un 3,5% de la energía en desplazamiento.

Analizado en conjunto con las fases de fabricación y desplazamiento, se observa cómo en el caso de turismos y motocicletas, el consumo energético requerido para el mantenimiento es notablemente inferior a cualquiera de estas dos fases, representando del entorno del 3% y 2%, respectivamente, del conjunto de estas tres fases. Sin embargo, en el caso de autobuses y vehículos de carga, esta componente del consumo energético es equiparable al correspondiente al de fabricación.

Figura 49. Proporción del consumo energético en las fases de fabricación, desplazamiento y mantenimiento del modo viario (2012)



Energía en el mantenimiento y gestión del sistema

Además del mantenimiento de los vehículos, la gestión y mantenimiento del sistema de transportes requiere de una serie de actividades imprescindibles para que se produzcan los desplazamientos. Al margen de las labores de mantenimiento de las infraestructuras directamente implicadas en el desplazamiento, como por ejemplo, la conservación de carreteras o el mantenimiento de la infraestructura de vía ferroviaria, las principales tareas de gestión y mantenimiento del sistema de transportes son:

- regulación del sistema
- control y sistemas de seguridad
- gestión del acceso al transporte
- gestión de las terminales, paradas y estaciones de acceso

En el caso del modo viario, no se ha podido obtener información sobre estas cuestiones (señalización, alumbrado, limpieza, vigilancia, estaciones de servicio, estaciones de peaje, etc.), por lo que la aproximación a la cuestión se ha limitado al mantenimiento de los vehículos, abordado en el apartado anterior.

En el caso del ferrocarril, es habitual que las operadoras ferroviarias publiquen en sus memorias anuales el desglose de consumos energéticos asociados a la tracción y a usos distintos de la tracción. Es el caso, por ejemplo, de Renfe, cuya información se ha utilizado como referencia para el conjunto del sistema ferroviario (ver volumen metodológico).

Sin embargo, no se ha encontrado una vía para desagregar el consumo energético asociado al funcionamiento de los talleres, es decir, al mantenimiento de los ferrocarriles, del resto de usos distintos de tracción, más propios de la gestión del sistema. Sí se ha contado, sin embargo, con información relativa a los requerimientos de materiales para el mantenimiento de los trenes, lo que ha permitido estimar el contenido energético de los mismos y computarlo en esta fase.

En el caso del metro se ha contado con información relativa al consumo de energía final en tracción y para servicios auxiliares e instalaciones, entre los que se encuentran talleres y estaciones. Gracias a esta información es posible obtener una idea del orden de magnitud del consumo energético necesario para el mantenimiento de los sistemas de metro en España (ver volumen metodológico).

En relación con el modo aéreo, se ha contado con información proveniente de las memorias anuales de Aena, en las que se especifica el consumo de energía eléctrica y combustibles fósiles empleado en la gestión del sistema aeroportuario en España, incluidas las tareas de mantenimiento (ver volumen metodológico).

Finalmente, apenas se ha encontrado información sobre el peso, en términos de coste energético, de las labores de mantenimiento de los barcos. Como única referencia de utilidad se cuenta con lo dispuesto por el informe final del proyecto *LCA SHIP - Design tool for energy efficient ships - A Life Cycle Analysis Program for Ships* (Jivén, K., Sjöbris, A., y otros, 2004. SSPA, TEM y MariTerm AB. Gotemburgo, Suecia) cuyas directrices han permitido realizar una estimación para el caso de la flota de transporte marítimo española (ver detalles en el volumen metodológico).

Tabla 54. Consumo energético (tep EP) en el mantenimiento y gestión de los sistemas de transporte (2012)

	Consumo energético en mantenimiento y gestión	Contenido energético de materiales de repuesto	Total mantenimiento y gestión del sistema
Viario	230.422[50]	600.053	830.476
FF.CC.	27.630	11.242	38.872
Metro	72.447	n.d.	72.447
Aéreo	212.582	n.d.	212.582
Marítimo	n.d.	22.959	22.959

Energía en el fin de la vida útil de los vehículos

Aunque notablemente inferior en comparación con el resto de fases de su vida, el tratamiento de los vehículos al finalizar su periodo de vida útil es responsable de una serie de consumos energéticos que, especialmente cuando se analizan de manera agregada para el conjunto de la flota que se desmantela anualmente, no pueden ser despreciados.

En el caso del modo viario, el proceso de fin de vida útil de los automóviles sigue las siguientes etapas:

1. Recepción y verificación: valoración, identificación y tramitación documental
2. Descontaminación: retirada de líquidos y otros residuos contaminantes
3. Retirada de componentes reutilizables y de materiales reciclables: desmontaje de piezas y componentes susceptibles de ser reutilizados
4. Fragmentación y recuperación de materiales: procedimientos de extracción y clasificación de los materiales susceptibles de ser reciclados o convertidos en combustible
5. Gestión de residuos no reciclados: clasificación y tratamiento de los residuos no reciclables o recuperables

De acuerdo con las estadísticas de la DGT, en el año 2012 se dieron de baja un total de 962.151 automóviles, de los que un 77,6% (746.464) fueron llevados a desguace. Se ha estimado que el tratamiento y desmantelamiento de estos vehículos requirió de un consumo energético de en torno a 658 tep EP (ver volumen metodológico para el detalle de los cálculos). Cantidad que representa un 0,0024% del consumo energético en la fase de desplazamiento.

Tabla 55. Consumo de energía primaria en el fin de la vida útil de los automóviles en España (2012)

2012	Nº automóviles dados de baja	Peso medio (kg)	Consumo energético en el fin de la vida útil (tep EP)
Autobuses	1.268	12.536	9
Ciclomotores	65.127	88	3
De carga	109.504	3.227	202
Motocicletas	22.046	162	2
Turismos	548.519	1.410	442
TOTAL	746.464	-	658

50 Solo mantenimiento de los vehículos.

Nótese que las estadísticas de la DGT sobre bajas de automóviles no desagregan los vehículos de carga entre furgonetas y camiones, por lo que los cálculos se han hecho a partir del peso promedio de los automóviles de carga, ponderado en función de su peso relativo en el conjunto del parque de vehículos español.

Por otro lado, la reutilización y reciclaje de los materiales recuperados puede conllevar un aprovechamiento energético que incide en el ciclo de vida de los vehículos.

De acuerdo con los datos de la Asociación Española para el Tratamiento Medioambiental de los Vehículos Fuera de Uso (Sigrauto), el nivel de reutilización y reciclado de los vehículos fuera de uso en España se sitúa en 2011 (último año con esa información disponible[51]) en un 82,9%, mientras que en 2007 fue del 81,3%.

Con objeto de obtener un orden de magnitud del potencial de recuperación de energía del tratamiento de los automóviles fuera de uso, y ante la dificultad para determinar los ratios exactos de aprovechamiento de los materiales que forman los residuos (cuya composición es compleja), se va a realizar una hipótesis cauta, consistente en la cuantificación del contenido energético de los metales, cauchos y fluidos, de los que, según datos de Eurostat, se sabe que se recuperan al 100% (ver *Volumen de Metodología*[52]). La siguiente tabla da cuenta de los resultados obtenidos:

Tabla 56. Recuperación de energía proveniente de los vehículos fuera de uso (2012)

	Recuperación de energía proveniente de los vehículos fuera de uso (tep EP)
Turismos	15.525
Autobuses	6.871
Ciclomotores	380.024
Motocicletas	5.179
De carga	772.446
TOTAL	1.180.045

La cantidad obtenida es notablemente superior a la energía consumida en el proceso, rondando los 1,2 millones de tep EP, lo que representa una cantidad equivalente a un 37% del consumo energético en la fase de fabricación del modo viario.

En cuanto a la comparación entre la energía consumida en el desguace los automóviles fuera de uso y el potencial de recuperación energética bajo la hipótesis realizada, se observa que la recuperación es muy superior al consumo energético del proceso de desmantelamiento de los vehículos, de forma que, por cada tep empleado en el desguace se recupera del orden de 1.800 tep.

No ha sido posible realizar una estimación al respecto de la energía consumida y recuperada en el tratamiento de los vehículos distintos de los automóviles en el fin de su vida útil debido a las dificultades para encontrar información acerca de la flota de trenes, aviones y barcos que son desmantelados anualmente en España.

51 Memoria 2011 de Sigrauto.

52 Este volumen puede consultarse en http://www.ecologistasenaccion.org/article27000.html

Energía en la construcción y mantenimiento de infraestructuras

Las dificultades para la evaluación del consumo energético en circulación o desplazamiento se multiplican cuando se pretende estimar el correspondiente a la fase de construcción y mantenimiento de las infraestructuras. Téngase en cuenta que la planta de infraestructuras que emplean los vehículos de cada modo se ha ido construyendo a lo largo de un periodo de tiempo más o menos dilatado y será también de utilidad en el futuro, cuando muchos de los vehículos que ahora se desplazan hayan sido desguazados.

Por tanto, tres de los problemas específicos que afronta este tipo de cálculo son:

- periodo de vida o de amortización de cada infraestructura
- energía consumida en la construcción de la variedad de infraestructuras que emplea cada modo de transporte
- energía necesaria para el mantenimiento de la infraestructura

Respondiendo a la primera cuestión, tras hacer una revisión amplia de la bibliografía existente, se considera un periodo de amortización de las infraestructuras de 50 años.

La energía consumida en la construcción de las infraestructuras se ha estimado a través de un procedimiento explicado en el volumen metodológico. Para el caso de las infraestructuras lineales (carreteras y líneas ferroviarias), que representan el grueso de la inversión en el sistema de transporte español, el método consiste, en esencia, en encontrar una relación entre energía consumida en las obras y dinero gastado en las mismas, extrapolando los datos al conjunto de cada modalidad de infraestructuras. Sus resultados no son extrapolables al resto de las infraestructuras de transporte, pues cada uno tiene características bien diferentes, pero puede ser ilustrativo de la importancia energética de esta fase del ciclo global del transporte.

No se ha considerado en los cálculos la energía consumida en el mantenimiento de las infraestructuras, con el argumento de que si se añade al de construcción de las mismas, se estaría produciendo en cierta forma una redundancia del esfuerzo inversor pues, si se realiza un mantenimiento riguroso y profundo de las infraestructuras, su funcionalidad puede prolongarse más allá del periodo de amortización contemplado.

Los primeros resultados que cabe destacar con respecto a las infraestructuras lineales del transporte es que, en el periodo 1992-2012 la inversión en carreteras y ferrocarriles tuvo asociadas las siguientes cifras de consumo energético[53], diferenciándose lo que corresponde a las cifras anuales y lo que se deriva de la amortización[54]:

53 Como se indica en el *Volumen de Metodología* se estima que se requieren 413,1 y 335 tep de consumo energético por cada millón de euros de inversión en ferrocarril y carreteras respectivamente.

54 No se han considerado las necesidades energéticas derivadas de la construcción del viario municipal (calles y carreteras) que, dadas las importantes inversiones realizadas cada año, han de ser muy significativas.

Tabla 57. Coste monetario y energético de las infraestructuras viarias y ferroviarias construidas en España en los años de referencia

	Carreteras		Ferrocarril		Total
	Millones de euros de 2012	tep	Millones de euros de 2012	tep	tep
Inversión media en el periodo 1993-2012	8.087	3.340.740	4.495	1.509.877	4.850.617
Inversión en 2012	6.318	2.609.966	3.939	1.323.066	3.933.032
Inversión amortizada en 2012	5.695	2.352.615	2.636	885.390	3.238.005

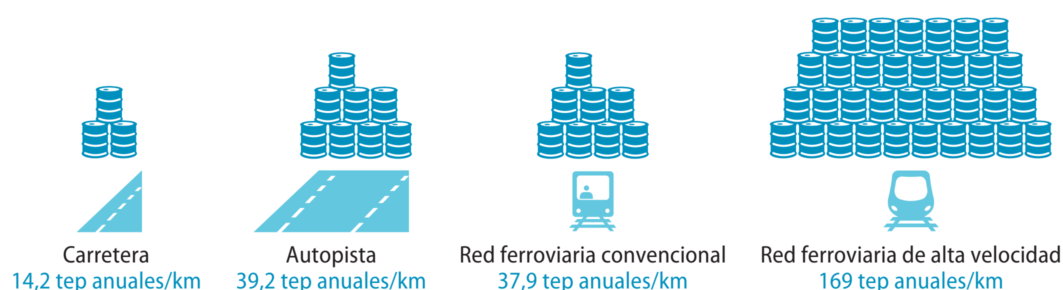
Los cálculos realizados, que atañen a la infraestructura estricta, es decir, sin contar con las edificaciones que completan el espacio de circulación, tales como estaciones y áreas de servicio, aparcamientos, estaciones ferroviarias y otras instalaciones que complementan la infraestructura de transportes, ofrecen para el periodo de amortización considerado los siguientes resultados anuales:

Tabla 58. Coste energético de amortización anual de las infraestructuras de transporte

	Carreteras (sección media) [55]	Ferrocarril	
		Alta Velocidad	Red convencional
tep asociadas anualmente a la infraestructura amortizada	2.352.615	357.396	522.974
km de red considerados	165.595	2.144	13.788
tep/km de red	14,2	166,7	37,9

La observación de la última tabla permite deducir los requerimientos energéticos diferenciales de las infraestructuras lineales de transporte, entre las que destacan el enorme esfuerzo inversor y, consiguientemente energético, de las líneas de alta velocidad ferroviaria, iniciado en 1987. La siguiente figura representa el significado energético de la construcción de un kilómetro de cada modalidad de infraestructura.

Figura 50. Coste energético anual de las infraestructuras



55 La sección media estimada de la red de carreteras es de 11,9 m. En el *Volumen de Metodología* se explica el cálculo efectuado para obtener dicha cifra de anchura media del conjunto de carreteras de titularidad del Estado, las CCAA y las Diputaciones.

Por otra parte, en relación con las infraestructuras nodales, solo se ha podido realizar una estimación del coste energético de construcción de la infraestructura aeroportuaria. Efectivamente, el análisis de ciclo de vida del sistema de transporte aéreo realizado por Mikhail Chester y Arpad Horvath en el marco del proyecto *Environmental Life-cycle Assessment of Passenger Transportation*[56], ofrece información sobre los consumos energéticos, las emisiones y otros impactos asociados a las diferentes fases del ciclo de vida del sistema, entre ellas la relativa a la construcción de las infraestructuras aeroportuarias. Dicha investigación estima que los costes energéticos asociados a la construcción de los aeropuertos son equivalentes al 0,73% del consumo energético en la fase de desplazamiento. De tal manera que, de acuerdo con las estimaciones realizadas para el consumo de energía asociado a la operación de los aviones, se obtienen los siguientes resultados para el caso del sistema aéreo español:

Tabla 59. Consumo energético asociado a la construcción de las infraestructuras aeroportuarias

	Operación	Construcción de infraestructuras	
	(tep EP)	(tep EP)	(%) respecto operación
2007	6.572.721	48.048	0,73%
2012	6.061.652	44.312	0,73%

Síntesis de los requerimientos energéticos del ciclo global del transporte

Agregando los resultados de los apartados anteriores, que incluyen algunas estimaciones parciales para las casillas de las que se dispone de menos información (véase *Volumen de Metodología*), se llega a tener una perspectiva completa de los requerimientos energéticos de una parte consistente del sector en su ciclo global[57].

Tabla 60. Consumo de energía primaria (tep) del ciclo global del transporte en España (2012)

	Fabricación de vehículo	Construcción de la infraestructura	Desplazamiento	Mantenimiento y gestión del sistema	Fin de vida útil
Viario	3.227.808	2.352.615	27.628.497	830.476	-1.179.387
Ferroviario	26.643	904.712	784.835	111.319	n.d.
Aéreo	2.247	44.312	6.061.652	212.582	n.d.
Marítimo	343.050	n.d.	10.469.604	22.959	n.d.
Tubería	-	n.d.	1.394.836	n.d.	n.d.
Cable eléctrico	-	n.d.	1.587.162	n.d.	n.d.
Ascensores	n.d.	n.d.	205.102	n.d.	n.d.

56 Documentado, entre otras, en la publicación *Environmental Life-cycle Assessment of Passenger Transportation: An Energy, Greenhouse Gas, and Criteria Pollutant Inventory of Rail and Air Transportation*.

57 En la fase de construcción de infraestructuras del modo viario no se ha dispuesto de información sobre la energía requerida por la construcción de las calles y carreteras municipales. Tampoco se ha podido hacer una estimación rigurosa del consumo energético en gestión del sistema viario, es decir, los consumos del alumbrado, limpieza, regulación, vigilancia, etc., del conjunto de calles y carreteras.

Tabla 61. Distribución del consumo energético en el ciclo global del transporte en España (2012)

	Fabricación de vehículo	Construcción de la infraestructura	Desplazamiento	Mantenimiento y gestión del sistema	Finde vida útil
Viario	9,82%	7,16%	84,08%	2,53%	-3,59%
Ferroviario	1,46%	49,51%	42,95%	6,09%	n.d.
Aéreo	0,04%	0,70%	95,90%	3,36%	n.d.
Marítimo	3,17%	n.d.	96,62%	0,21%	n.d.
Tubería	-	n.d.	100,00%	n.d.	n.d.
Cable eléctrico	-	n.d.	100,00%	n.d.	n.d.
Ascensores	n.d.	n.d.	100,00%	n.d.	n.d.

Para hacer más comprensible ese tipo de resultados globales es necesario realizar una aproximación a los datos desagregados del principal consumidor de energía entre los modos de transporte. En efecto, en el modo viario se puede comprobar que hay diferencias muy notables entre los medios que incorpora:

Tabla 62. Consumo energético (tep EP) de las diferentes fases y medios del modo viario (2012)

2012	Fabricación de vehículos	Construcción de la infraestructura[58]	Desplazamiento	Mantenimiento de los vehículos[59]	Tratamiento en el fin de vida útil	Total
Turismos	2.689.665	1.921.253	16.520.716	574.170	-772.437	20.933.367
Motocicletas y ciclomotores	67.839	92.602	476.585	12.174	-11.846	637.354
Autobuses	40.428	24.707	1.531.358	45.740	-15.522	1.626.711
Camiones	112.469	159.783	7.084.577	147.478	-199.729	7.304.578
Furgonetas	290.330	154.270	2.015.261	50.913	-179.853	2.330.921
TOTAL	3.227.808	2.352.615	27.628.497	830.476	-1.179.387	32.860.008

Tabla 63. Distribución del consumo energético en las diferentes fases y medios del modo viario (2012)

2012	Fabricación de vehículos	Construcción de la infraestructura[58]	Desplazamiento	Mantenimiento de los vehículos[59]	Tratamiento en el fin de vida útil	Total
Turismos	12,85%	9,18%	78,92%	2,74%	-3,69%	100%
Motocicletas y ciclomotores	10,64%	14,53%	74,78%	1,91%	-1,86%	100%
Autobuses	2,49%	1,52%	94,14%	2,81%	-0,95%	100%
Camiones	1,54%	2,19%	96,99%	2,02%	-2,73%	100%
Furgonetas	12,46%	6,62%	86,46%	2,18%	-7,72%	100%
TOTAL	9,82%	7,16%	84,08%	2,53%	-3,59%	100%

Cruzando esos consumos agregados con los recorridos realizados en cada medio de transporte se obtienen los siguientes consumos unitarios, tanto para personas como para mercancías:

58 Como ya se ha explicado al tratar los consumos energéticos en la construcción de infraestructuras, no se han considerado las necesidades energéticas derivadas de la construcción del viario municipal (calles y carreteras).

59 En el caso del viario, solo se considera el mantenimiento de los vehículos, no habiéndose considerado los consumos energéticos asociados a la gestión del sistema, es decir, los consumos del alumbrado, limpieza, vigilancia, etc.

Tabla 64. Consumos unitarios de energía primaria (kep/100 personas-km o kep/100 toneladas-km) de los medios que componen el modo viario (2012)

2012	Fabricación de vehículos	Construcción de infraestructura	Desplazamiento	Mantenimiento y gestión del sistema	Tratamiento en el fin de vida útil	Total
Turismos	0,58	0,42	3,59	0,13	-0,17	4,54
Motocicletas y ciclomotores	0,46	0,63	3,26	0,08	-0,08	4,35
Autobuses	0,06	0,05	2,17	0,07	-0,02	2,31

2012	Fabricación de vehículos	Construcción de infraestructura	Desplazamiento	Mantenimiento y gestión del sistema	Tratamiento en el fin de vida útil	Total
Camiones	0,05	0,07	2,87	0,06	-0,08	2,96
Furgonetas	1,55	0,82	10,74	0,27	-0,96	12,42

Figura 51. Consumos unitarios de energía primaria (kep/100 personas-km) de los medios motorizados que componen el modo viario de personas (2012)

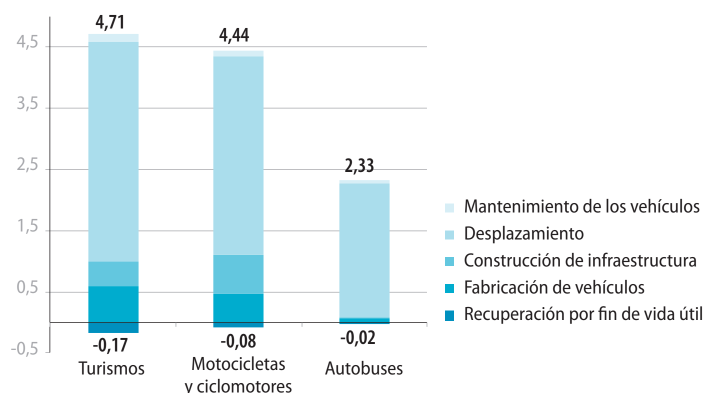
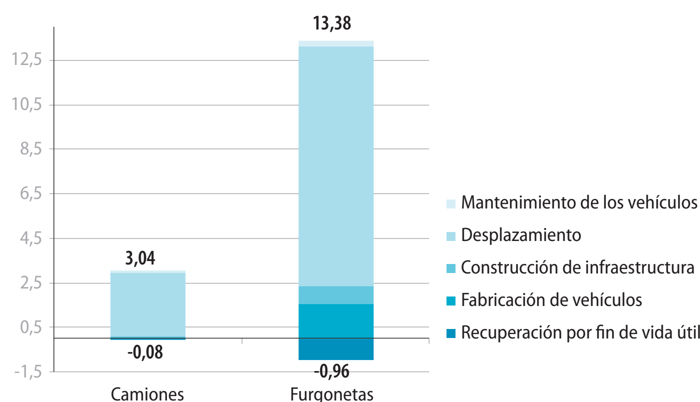


Figura 52. Consumos unitarios de energía primaria (kep/100 toneladas-km) de los medios motorizados que componen el modo viario de mercancías (2012)



En los dos casos se observa como la gran diferencia en la capacidad de carga, ya sea de personas en el caso de los autobuses o mercancías en el caso de los camiones, se refleja en los costes energéticos unitarios, mucho más reducidos en el caso de estos medios de transporte.

Veinte años de evolución de la eficiencia energética del transporte

Para comprender las tendencias en el consumo energético de los diferentes modos y medios de transporte se puede aprovechar la fotografía del sistema de desplazamientos elaborada, con metodología similar a la aplicada aquí, a principios de los años noventa[60]. Así, empezando por el transporte de personas en el modo viario, la evolución ha sido la siguiente:

Tabla 65. Evolución del consumo medio de energía primaria por persona en el automóvil (medio urbano e interurbano). 1992-2012

	kep/100 persona-km		kep/100 plaza-km	
	1992	2012	1992	2012
Automóviles	4,71	3,88	2,17	1,63

Como se puede observar en la tabla anterior, los cambios en el parque de vehículos se han traducido en una reducción del consumo energético real de poco más del 17% en dos décadas. Y, en cuanto a la eficiencia potencial, es decir, la eficiencia máxima de cada uno de esos medios de transporte en caso de una ocupación completa de las plazas que ofrecen, la reducción es del 25%.

En el caso del transporte de mercancías en camión, la reducción en estas dos décadas ha sido muy pequeña, tal y como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 66. Evolución del consumo promedio de energía primaria por tonelada-km en el modo viario. 1992-2012

	kep/100 t-km	kep/100 t-km
	1992	2012
Camiones	2,90	2,86
Furgoneta	12,03	10,74

Para el modo aéreo los datos de 1992 no diferenciaban los vuelos nacionales de los internacionales, pero siguen siendo una referencia consistente con los resultados de 2012. Hay que tener en cuenta a ese respecto, que la proporción entre personas-km en vuelos domésticos (los de mayor consumo energético) y personas-km internacionales se ha modificado sustancialmente con un incremento del peso de los vuelos internacionales: frente a una proporción 31/69 en 1992, en 2012 la proporción fue de 19/81.

Tabla 67. Evolución del consumo unitario de energía primaria en el transporte de personas en avión. 1992-2012

	kep/100 personas-km	kep/100 personas-km
	1992	2012
Vuelos nacionales	-	4,58
Vuelos internacionales	-	3,48
Todos los vuelos	5,50	3,64

60 Estimaciones publicadas en *Hacia la reconversión ecológica del transporte en España*. A. Estevan y A. Sanz. Los Libros de la Catarata. Madrid, 1996.

Aun considerando el incremento de los vuelos internacionales (más eficientes) y de las tasas de ocupación de los aviones en general, la mejora de la eficiencia del consumo energético de la aviación es considerable, pudiendo rondar el 20-25%.

En el caso del ferrocarril no es posible elaborar una comparación semejante debido a la imposibilidad de validar una metodología de cálculo del consumo energético que atienda con rigor suficiente las estimaciones para los dos periodos y para los diversos servicios ferroviarios. Únicamente es posible aproximarse a la evolución del consumo energético del modo siguiendo los parámetros empleados por las compañías operadoras que, como se ha indicado más arriba, presentan considerables limitaciones. En cualquier caso, en las dos últimas décadas se han producido varios cambios importantes en la tecnología y en la operación ferroviaria que tienen trascendencia en el consumo energético.

Por un lado hay que mencionar la incorporación a las flotas de trenes más ligeros y con frenos regenerativos, es decir, que vuelcan a la red la energía de la frenada en lugar de disiparla en forma de calor, lo que supone ahorros de cerca de un 10% del consumo total, dependiendo obviamente del número de paradas y la gestión de las líneas[61].

Por otra parte, se ha avanzado mucho en la automatización de técnicas de conducción económica, es decir, de la regulación programada de la velocidad en función de las pendientes y paradas, de manera que se aprovecha la inercia del tren en numerosos tramos, evitando extraer energía de la red en esos momentos[62].

En cualquier caso, las comparaciones con la eficiencia energética y de las emisiones de los modos de transporte de tracción eléctrica realizadas hace veinte años han de tener en cuenta un cambio muy relevante en el ámbito de la generación de electricidad: el reparto de fuentes generadoras (*mix eléctrico* en la jerga del sector) es completamente diferente hoy al que existía en los años noventa y, por consiguiente, la energía primaria consumida y las emisiones equivalentes de CO_2 resultantes de la movilidad han tenido una transformación sustancial.

En efecto, frente a una generación eléctrica en 1990 en la que la aportación principal la ponían las térmicas de carbón y las nucleares, en los últimos años el reparto es más diversificado y cambiante, con mayor peso del ciclo combinado de gas y, también, la aportación fundamental de la energía eólica, que veinte años atrás era marginal.

Para una misma cantidad de energía final consumida, el nuevo *mix eléctrico* supone una aportación de energía primaria más limitada y, también, unas emisiones de CO_2 mucho más reducidas. Las comparaciones con las cifras de entonces, por tanto, han de ser contempladas en el marco de esa transformación y con las cautelas que se derivan de un escenario de generación eléctrica completamente diferente y cambiante.

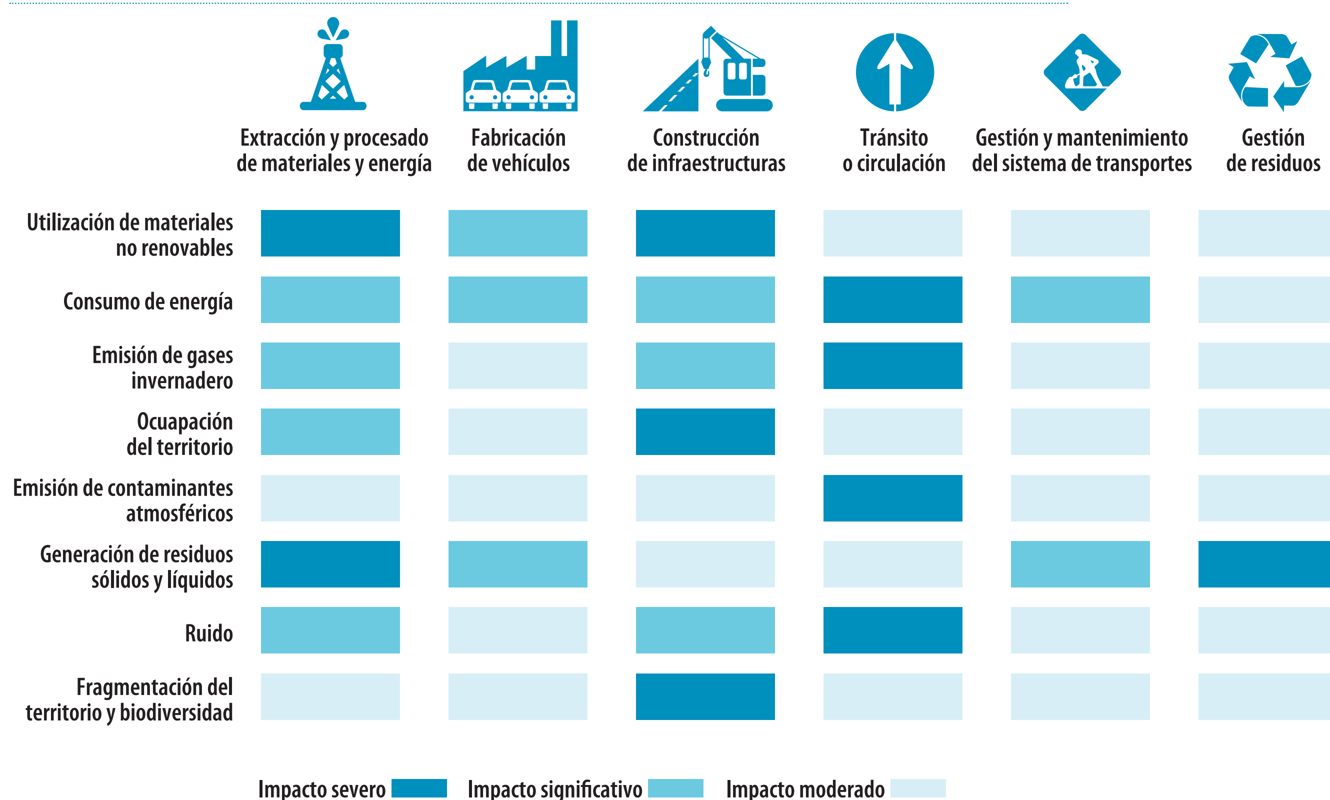
61 El simulador de consumo energético ALPI 2810, desarrollado por la Fundación de Ferrocarriles Españoles, por ejemplo, estima una devolución a la red del 8,8% de la energía consumida en el trayecto Madrid-Málaga, con dos paradas comerciales, con trenes AVE de la serie 102. En la relación Barcelona-Málaga, con trenes AVE de la serie 112, la recuperación de energía se eleva hasta el 9,8%.

62 Según la revista *Vía Libre*, diciembre 2010, "la experiencia de conducción económica en la línea de alta velocidad Madrid–Sevilla indica que un incremento del tiempo de viaje de cinco minutos puede suponer una reducción del consumo del ocho por ciento, ya que en sentido sur se puede circular en deriva en el sesenta por ciento del recorrido. En la línea de alta velocidad Madrid-Toledo se puede cerrar el regulador (poner en punto muerto el tren) a partir del kilómetro veintisiete y llegar a Toledo (kilómetro 75) sin consumo de energía".

Otros resultados en la esfera ambiental

Como se podrá comprobar a lo largo de las siguientes páginas, las consecuencias ambientales del transporte que resultan más visibles o perturbadoras de nuestro modo de vida suelen ser las derivadas de la circulación de los vehículos, aunque no siempre son las más importantes si se considera su impacto global. Atendiendo al ciclo de vida completo, se puede observar cómo hay fases con un impacto crítico que quedan lejos o fuera de la vista del que se desplaza. La siguiente tabla es una aproximación a la importancia de dichos impactos en las diferentes fases del transporte[63]:

Figura 53. Dimensión de los impactos ambientales en las diferentes fases del ciclo del transporte



Como toda visión sintética, la tabla interior puede oscurecer algunos aspectos parciales del impacto ambiental de los diferentes modos de transporte, por lo que no debe ser considerada más que una manera de comprender mejor el fenómeno complejo de los desplazamientos.

Un ejemplo puede ilustrar esa necesidad de afinar la perspectiva cuando se analizan segmentos o sectores del transporte particulares. Así, en el transporte marítimo, algunos de los procesos de mayor impacto ambiental son la carga de combustible y las operaciones de limpieza de tanques, que se podrían asignar a la fase de "gestión y mantenimiento del sistema de transporte":

63 En la tesis de A. Bollil *Environmental communication and competitiveness. Case study in the car industry.* (International Institute for Industrial Environmental Economics, IIIEE. Lund University. Lund. 1999) se plantea esta misma idea, aunque con una matriz de impactos distinta.

los accidentes de grandes petroleros, que provocan una justificada alarma en la opinión pública, representan una pequeña parte de los vertidos de productos petrolíferos al mar, realizados de modo sistemático ante una gran invisibilidad social[64].

Del conjunto de impactos señalado en el esquema precedente se han seleccionado aquí los que parecen más relevantes, al margen del consumo energético ya desarrollado en el capítulo anterior, a efectos de entender el sistema globalmente, sirviendo de indicadores clave del mismo:

- Emisión de gases de efecto invernadero
- Emisión de contaminantes atmosféricos
- Ruido
- Ocupación del territorio
- Fragmentación del territorio

La dimensión de los otros impactos se puede deducir de las magnitudes de referencia de este grupo seleccionado.

De todos ellos, el que vertebra las presentes Cuentas Ecológicas del Transporte es el consumo energético, las necesidades de energía a las diferentes fases del ciclo global de los desplazamientos, considerándose que es un buen indicador sintético de los impactos de esta actividad en la esfera física-ambiental. Puede sorprender que no se haya seleccionado como indicador sintético otro tan importante y nítido como es la emisión de gases de efecto invernadero, a pesar de su reconocida capacidad explicativa[65]. La razón es que resulta mucho más difícil de visualizar por parte de personas que no estén familiarizadas con las magnitudes propias de las emisiones. Una tonelada de un gas como el CO_2 no tiene una fácil representación que la vincule con magnitudes próximas o propias de nuestra vida cotidiana, justo lo contrario de lo que ocurre con las toneladas o los kilogramos equivalentes de petróleo, pues se puede aclarar que la unidad de referencia más empleada aquí, el kep o kilogramo equivalente de petróleo, es la energía que de un modo aproximado está contenida en un litro del gasoil que se vende en las gasolineras.

Emisiones de gases de efecto invernadero

Como se acaba de señalar, a lo largo del presente estudio se ha empleado el consumo energético como variable fundamental para el análisis de los efectos ambientales del sistema de transportes en España. Sin embargo, es posible y conveniente estimar también las emisiones de gases de efecto invernadero. Para ello, además de las consideraciones metodológicas referidas en el volumen que acompaña a la presente memoria, se han empleado los factores de conversión energía-CO_2-eq oficiales[66].

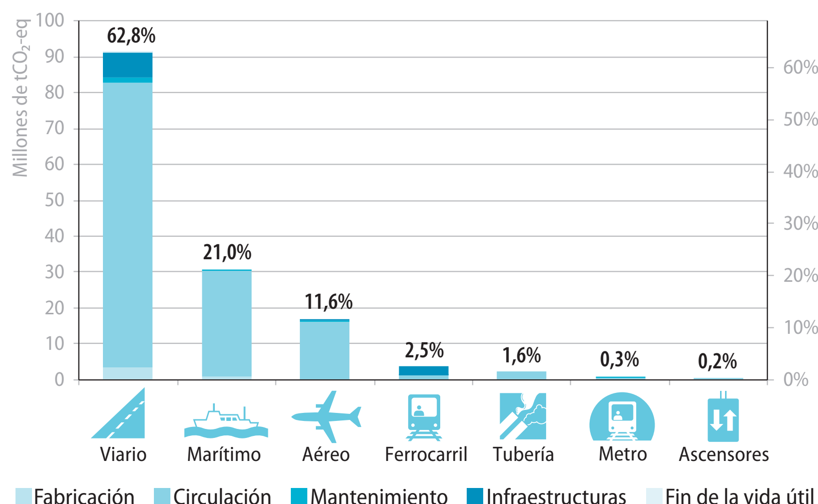
64 "*Bunkering*: el negocio de la marea negra. Las gasolineras flotantes en el estrecho de Gibraltar provocan vertidos constantes de hidrocarburos al mar". Elvira Espinosa. *Ecologista* nº 66 (otoño 2010) http://www.ecologistasenaccion.es/article19979.html. Ver también "Los servicios de bunkering en los puertos". A. Camarero, C. López y N. González. *Revista de Obras Públicas* nº 3.519. Marzo, 2011.

65 En la obra ya mencionada *Hacia la reconversión ecológica del transporte en España* (A. Estevan y A. Sanz; La Catarata. Madrid, 1996) se resalta precisamente esta característica de las emisiones de gases de efecto invernadero como motivo para su elección como indicador sintético en las Cuentas del Transporte allí incorporadas.

66 Los factores de conversión entre unidades de energía y CO_2-eq empleados son los facilitados por el Departamento de Planificación y Estudios del IDAE. Se parte del documento *Factores de conversión Energía Final-Energía Primaria y factores de emisión de CO_2* publicado por este organismo, de la que se dispone la serie temporal comprendida entre 2005 y 2011 (no se cuenta con información sobre años posteriores a este último).

Aplicando dichos factores, el sistema de transportes en España, interior e internacional, es responsable de unas emisiones totales de gases de efecto invernadero de 145,1 millones de toneladas de CO_2 equivalente. Posteriormente se mostrará su peso en el conjunto de emisiones del país, pues así planteada, sin referencias, resulta ser una cifra con escaso significado en la vida cotidiana para las personas no especializadas.

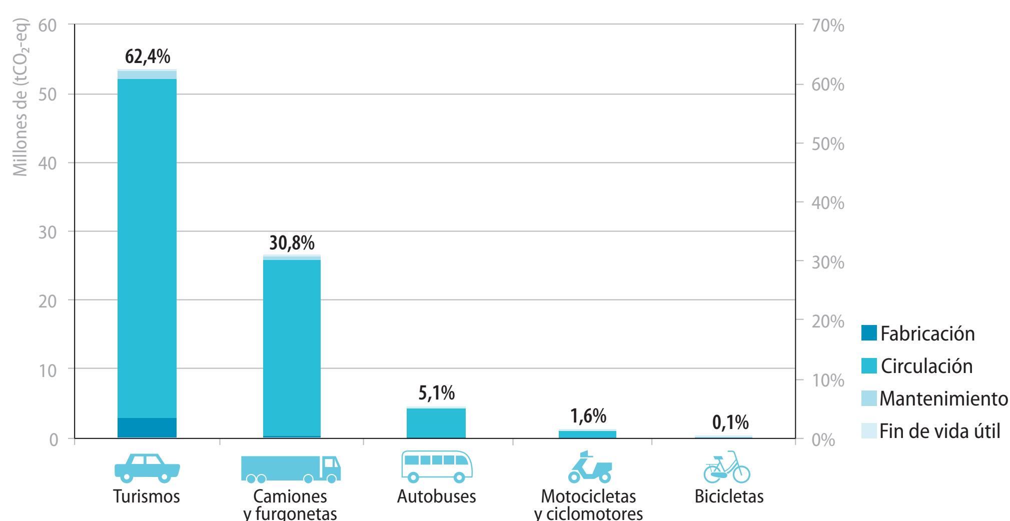
Figura 54. Emisiones de gases de efecto invernadero (tCO_2-eq) del sistema de transportes en España (2012)



De ese total de emisiones que corresponden al transporte, un 63% (91,1 millones de toneladas de CO_2 equivalente) son responsabilidad del modo viario, seguido del modo marítimo y aéreo, que suman un 21% (30,5 millones tCO_2-eq) y 12% (16,8 millones tCO_2-eq), respectivamente.

Dentro del modo viario, son los turismos los principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero, produciendo más del 62% de las mismas, frente al 31% de los vehículos de carga o el 5% de los autobuses.

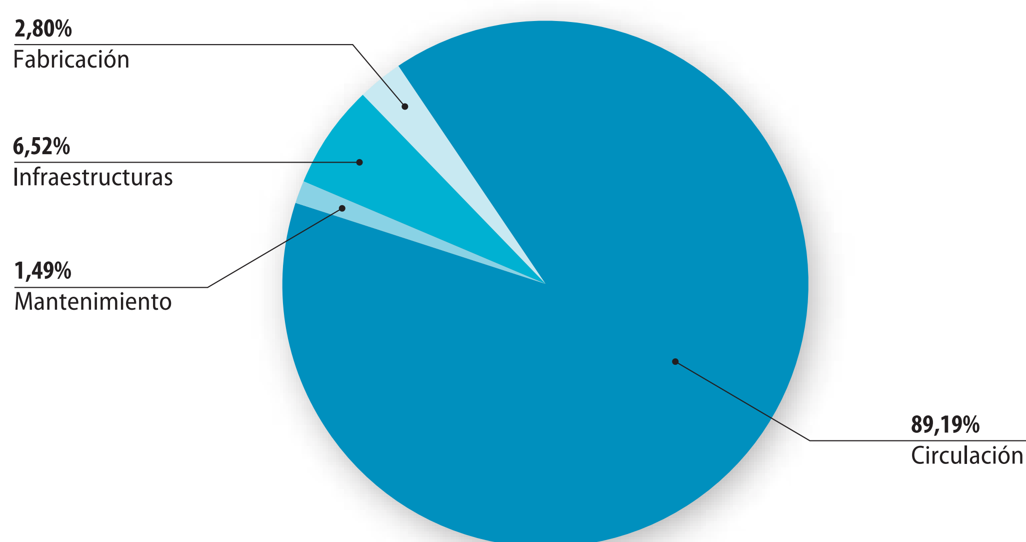
Figura 55. Emisiones de gases de efecto invernadero (tCO_2-eq) en el modo viario (2012)



En línea con lo observado para el consumo energético, el grueso de las emisiones contabili-

zadas se produce en la fase de circulación (129,4 millones de toneladas de CO_2 equivalente, un 89%). Siendo esta la tónica en la inmensa mayoría de los modos, con la única excepción del modo ferrocarril, en el que esta fase solo representa un 30% de las emisiones totales de este modo. Por su parte, la fase de construcción de infraestructuras es responsable de un 6,5% del total de emisiones de gases de efecto invernadero (9,4 millones de toneladas de CO_2 equivalente). Con casos como el del ferrocarril, en el que esta fase representa un 66% del total del modo. La fabricación de vehículos se sitúa por debajo del 3% del total de las emisiones de CO_2-eq. Mientras que la fase de mantenimiento representa un 1,5%:

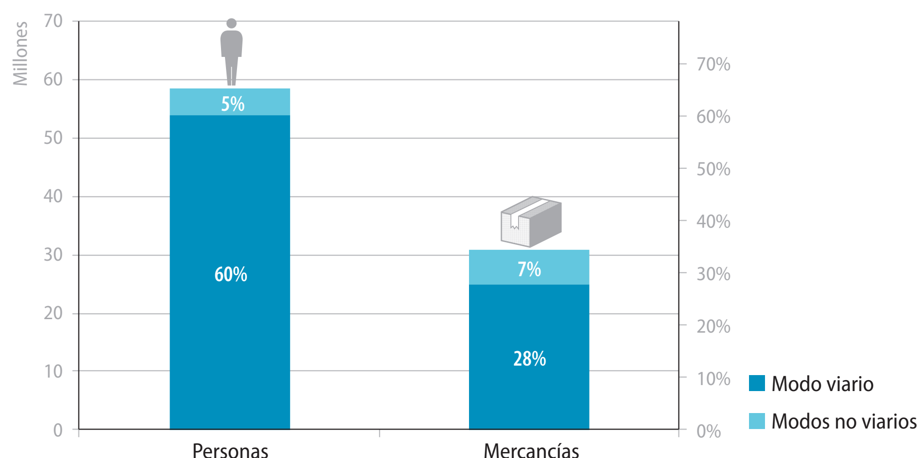
Figura 56. Distribución de las emisiones de gases de efecto invernadero (tCO_2-eq) en las diferentes fases del ciclo del transporte (2012)



Si se centra el análisis en la fase de desplazamiento u operación, que como se ha visto es la más relevante en términos de emisiones de gases de efecto invernadero (además de ser la única fase de la que se dispone de información completa para todos los modos considerados), es posible realizar un análisis más detallado que permita diferenciar entre modos de transporte de personas y de mercancías. Además, dado que en no todos los modos se ha considerado la dimensión internacional, se centra dicho análisis al caso de los desplazamientos interiores.

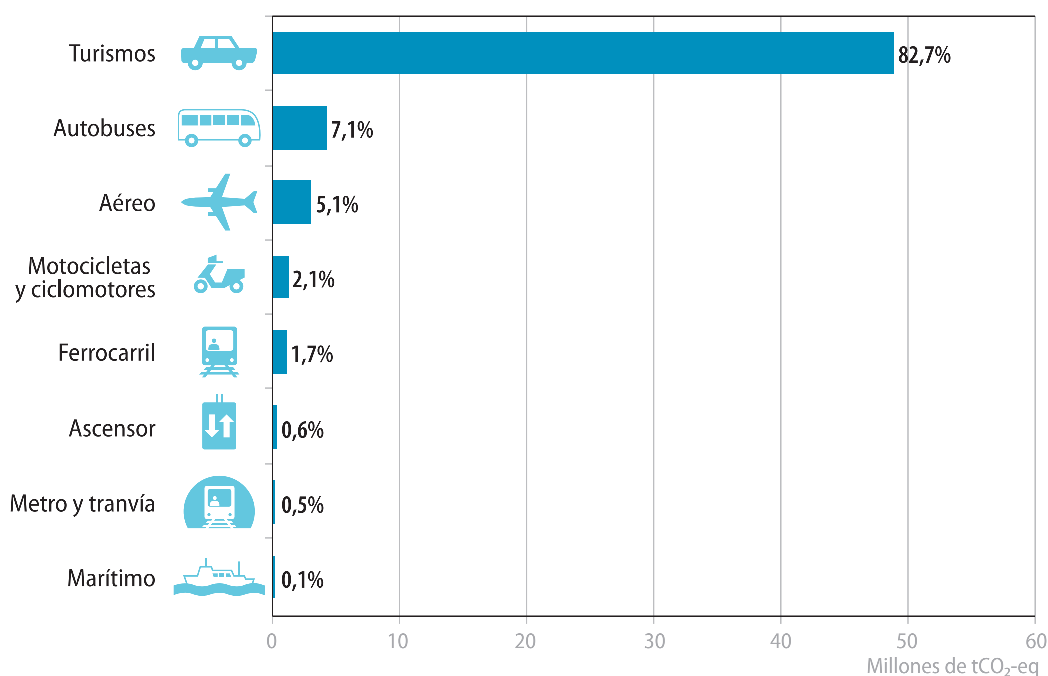
Con carácter general, se observa cómo un 65% de las emisiones (58,9 millones de toneladas de CO_2 equivalente) corresponden a la operación del transporte de personas, dentro de las cuales los modos viarios son mayoritarios, siendo responsables de un 60% de las emisiones totales en circulación (más del 92% de las emisiones del transporte de personas en la fase de desplazamiento). El modo viario también es predominante en el transporte de mercancías, siendo responsable de un 28% de las emisiones totales en la fase de desplazamiento (un 80% de las emisiones del transporte de mercancías en esta fase).

Figura 57. Emisiones de gases de efecto invernadero (tCO_2-eq) en el transporte de personas y mercancías – desplazamientos interiores (2012)



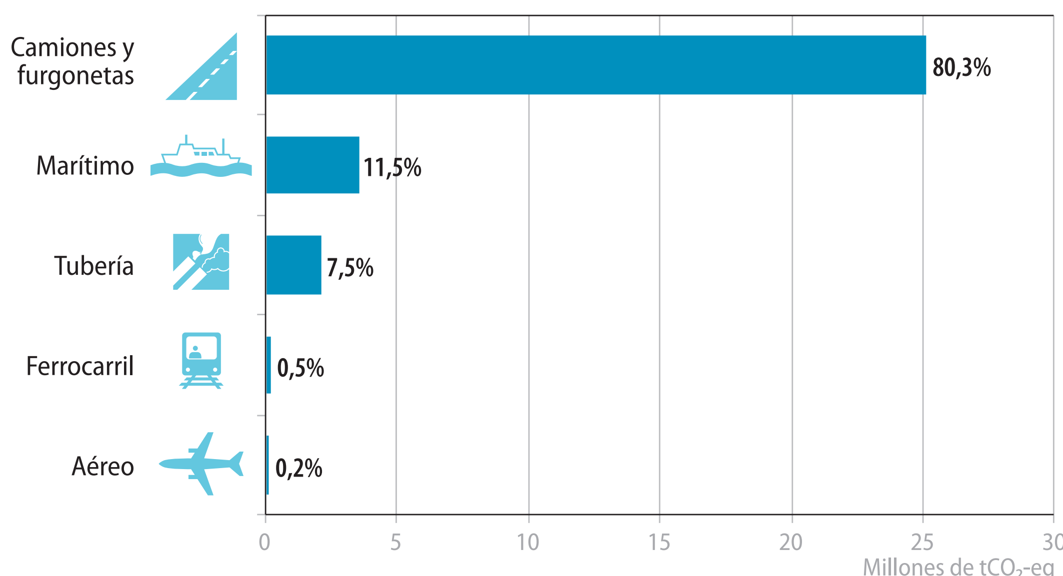
En el caso del transporte de personas, un análisis más desagregado identifica a los turismos como los principales responsables de las emisiones en la fase de desplazamiento, acumulando casi un 83% de dichas emisiones (48,7 millones de tCO_2-eq). Seguido de los autobuses, con un 7% (4,2 millones de tCO_2-eq) y el transporte aéreo (3,0 millones de tCO_2-eq). Siendo el modo marítimo el menos emisor de gases de efecto invernadero (0,1% del total del transporte de personas en la fase de desplazamiento).

Figura 58. Emisiones de gases de efecto invernadero (tCO_2-eq) en el transporte de personas – desplazamientos interiores (2012)



En el caso del transporte de mercancías el modo marítimo cobra mayor relevancia, situándose por detrás de la carretera (que es responsable de un 80% de estas emisiones) como segundo principal emisor de gases de efecto invernadero (3,6 millones de tCO_2-eq). A destacar los 2,3 millones de tCO_2-eq emitidas por el transporte de combustible y agua por tubería, situando a este modo como el tercero más emisor en relación al transporte de mercancías en su fase de desplazamiento.

Figura 59. Emisiones de gases de efecto invernadero (tCO_2-eq) en el transporte de mercancías – desplazamientos interiores (2012)



Como se mencionaba en el inicio de este apartado, las cifras globales de emisiones tienen poco significado para las personas no especializadas en cambio climático. Por ese motivo es necesario contextualizarlas y ponerlas en relación con las emisiones de otros sectores de actividad o del modo de vida.

La opción más sencilla es comparar las cifras globales de emisiones del transporte estimadas en este trabajo, 145,1 millones de toneladas de CO_2 equivalente, con las que ofrecen las estadísticas oficiales para el conjunto del país. Al realizar esa comparación se produce una sorpresa para las personas no especializadas. La cifra global de emisiones recogida en el *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España*. 1990-2012[67] es de 340,8 millones de toneladas de CO_2 equivalente, de las cuales se asignan al transporte, a través de la metodología oficial, 80,7 millones toneladas de CO_2 equivalente (23,7% del total).

El contraste entre los 80,7 millones de toneladas del inventario oficial y las 146,4 millones de toneladas de CO_2 equivalente calculadas en este trabajo se explica por los siguientes motivos:

- en este trabajo se contabilizan las emisiones del ciclo de vida completo de la actividad y no solo la fase de desplazamiento, como hace el Inventario oficial
- se contabilizan también aquí diversos modos de transporte que, como el ferrocarril de tracción eléctrica, el transporte de electricidad y los ascensores no están integrados bajo el concepto de transporte del Inventario

67 Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid, abril de 2014.

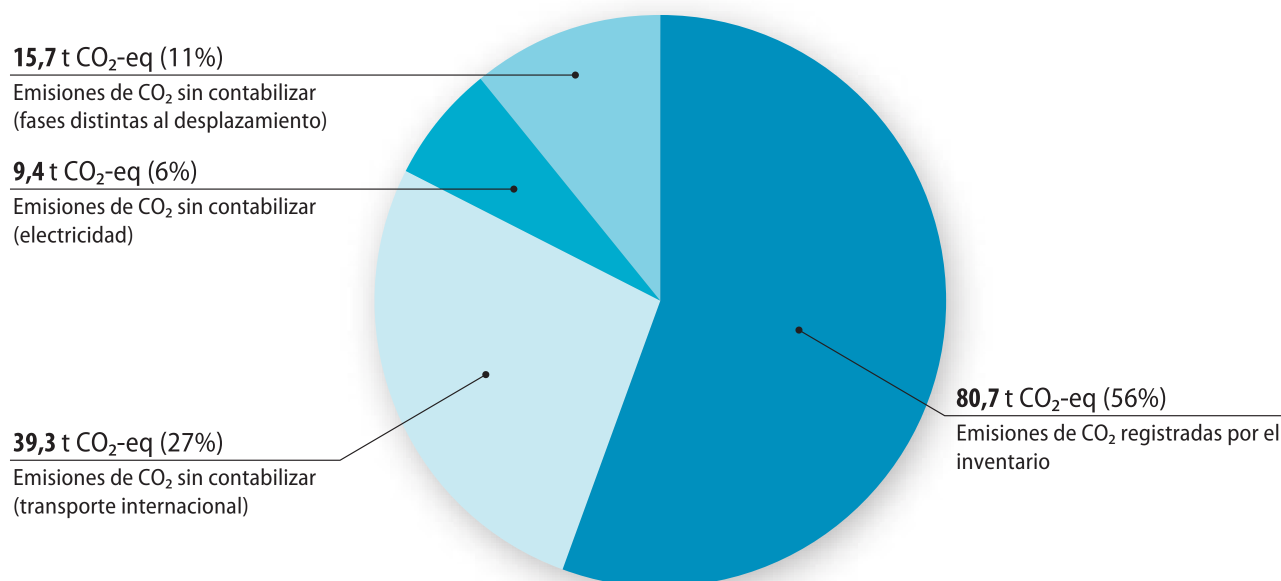
- se incorpora en las presentes cuentas la partida de emisiones correspondientes a los desplazamientos internacionales aéreos y marítimos, que tampoco se contabilizan en los inventarios nacionales de la Unión Europea, a pesar de representar un 8% del total de emisiones de la Unión Europea[68].

Si se añaden las emisiones calculadas para dicho tráfico internacional, aéreo y marítimo, casi 40 millones de toneladas adicionales, las emisiones totales del Inventario oficial pasarían de 340,8 a 380,2 millones de toneladas de CO_2 equivalente. En lugar de representar el 23,7% el transporte sería responsable del 31,6% del total.

Si, además, se considera el ciclo completo de la actividad, las emisiones que corresponden al transporte que se han podido cuantificar en estas cuentas ascienden al 38,5% de las emisiones nacionales. Dado que no se han podido estimar las emisiones de algunas fases y modos de transporte, no es descabellado pensar que la cifra global del sistema de transporte nacional alcanza aproximadamente el 40% del total.

Esas cifras son mucho más acordes que el mencionado 23,7% con el consumo energético y el impacto que le corresponde al transporte dentro del total nacional. Por explicarlo de otra forma, sin tener en cuenta las lagunas de información en algunos modos y fases, las emisiones oficiales del transporte incluidas en el Inventario Nacional de Emisiones representaron un 56% de las que se deben atribuir al transporte a partir del enfoque de ciclo global y la incorporación del transporte internacional, según se refleja en la siguiente figura.

Figura 60. Las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte (2012)



68 Según el informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014* (27 de mayo de 2014), España es el segundo país europeo de mayor contribución a las emisiones del bunker marítimo y el cuarto en bunker de aviación.

Emisiones y exposición a los contaminantes de la atmósfera

Como señala Agencia Europea de Medio Ambiente, la mayor parte de la población urbana europea está expuesta a altos niveles de contaminación, por encima de los estándares de la Unión Europea y de la Organización Mundial de la Salud (OMS)[69]. Así, por ejemplo la exposición a niveles no recomendables de partículas ($PM_{2,5}$ y PM_{10}) afecta a más del 85% de la población urbana europea si se siguen los umbrales establecidos por la OMS; mientras que más de tres cuartas partes de dicha población están expuesta a niveles de ozono y benzo(a)pireno superiores a los recomendados.

En 2013, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC por sus siglas en inglés) de la OMS clasificó la contaminación del aire como cancerígena, dejando patente la preocupación creciente sobre los efectos para la salud humana de dicha exposición.

Según el seguimiento exhaustivo que realiza Ecologistas en Acción de las estaciones oficiales de medición de la contaminación atmosférica[70], la población estaba expuesta en 2012 sobre todo a los siguientes contaminantes medidos en dicha red: las partículas en suspensión (PM_{10} y $PM_{2,5}$), el dióxido de nitrógeno (NO_2), el ozono troposférico (O_3) y el dióxido de azufre (SO_2). De ellos, los tres primeros, están causados mayoritariamente por la combustión de derivados del petróleo en los vehículos de transporte.

La proporción de población española que respira aire contaminado depende de los umbrales que se fijen para determinar precisamente qué es y qué no es aire contaminado. Si se atienden los valores límite legales establecidos por la Directiva 2008/50/CE, la población expuesta es de 17,3 millones de personas, lo que representa un 37% del total. Sin embargo, si se tienen en cuenta los valores más estrictos recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que pretenden ofrecer una mayor protección, la población que respira aire contaminado se extiende a más de dos terceras parte de los habitantes del país.

Tabla 68. Población afectada por la contaminación del aire en España[71] (2012)

	Población expuesta según la Directiva 2008/50/CE	%	Población expuesta según las recomendaciones de la OMS	%
NO_2[72]	7.969.151	16,9%	7.969.151	16,9%
PM_{10}	-		35.671.065	75,7%
$PM_{2,5}$[73]	-		33.162.005	70,4%
O_3[74]	9.003.756	19,1%	38.568.795	81,9%

69 *Air quality in Europe — 2013 report*. EEA Report No 9/2013. Copenhague.

70 *La calidad del aire en el Estado español* 2012, Ecologistas en Acción, 2013. Los informes elaborados anualmente por esta organización están disponibles en http://www.ecologistasenaccion.org/article13106.

71 *La calidad del aire en el Estado español 2012*, Ecologistas en Acción (obra citada)

72 El NO_2 afecta específicamente a la ciudad de Madrid y a las áreas metropolitanas de Barcelona y Granada.

73 La medición de las $PM_{2,5}$ resulta insuficiente en la mayor parte de las redes de medición autonómicas.

74 Por sus características particulares, el ozono troposférico afecta principalmente a las áreas rurales y metropolitanas próximas a las grandes ciudades de Madrid, Sevilla, Barcelona, Valencia, etc. y en diferentes zonas rurales de Andalucía, Aragón, Baleares, Castilla-La Mancha, Extremadura, La Rioja y Murcia.

Los datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente permiten una aproximación al problema en el ámbito exclusivamente urbano. Para el caso de España, una buena parte de la población resulta expuesta.

Tabla 69. Población urbana afectada por concentraciones de contaminantes por encima de los objetivos de calidad de la Unión Europea (2009-2011)[75]

	Valor de referencia de la UE	Porcentaje expuesto (mínimo y máximo en el periodo de referencia)
NO_2	Año (40 µg/m^3)	0-36
PM_{10}	Día (50 µg/m^3)	3-20
O_3	8 horas (120 µg/m^3)	5-38

Para aquilatar el peso de las distintas actividades que causan la contaminación se puede acudir a los datos del correspondiente Ministerio de Medio Ambiente[76], que ofrece cifras globales de emisiones contaminantes y que, por tanto, no se corresponden estrictamente con la población expuesta comentada más arriba. En cualquier caso, las reducciones en las toneladas emitidas de los contaminantes considerados han sido fuertes en el periodo entre 1990 y 2011. En el caso de los óxidos de nitrógeno, el NO_x ha descendido un 19,7%; un 42,4% de esa reducción corresponde al sector del transporte por carretera. Aun así, el transporte motorizado fue el responsable de la mayor parte de las emisiones de partículas, tal y como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 70. Distribución de la emisión de partículas PM_{10} y $PM_{2,5}$ según sectores

	$PM_{2,5}$	PM_{10}
Tratamiento y eliminación de residuos	0,1%	0,1%
Extracción y distribución combustibles fósiles y energía geotérmica	0,2%	1,2%
Agricultura	7,1%	6,7%
Procesos industriales sin combustión	2,6%	3,1%
Plantas de combustión industriales	18,7%	13,3%
Combustión en la producción y transformación de la energía	14,2%	14,4%
Plantas de combustión no industrial	5,2%	19,5%
Transporte por carretera	21,5%	19,0%
Otros modos de transporte y maquinaria móvil	30,3%	22,8%

Según la misma fuente, las partículas en suspensión PM_{10} procedentes del tráfico rodado disminuyeron un 34,7% entre el año 2000 y el 2011, aunque aumentaron en un 5,4% aquellas relacionadas con "otros modos de transporte y maquinaria móvil" procedentes sobre todo de las actividades marítimas. En cuanto a las $PM_{2,5}$, entre 2000 y 2011 se registró una disminución del 22,5% de las emisiones, siendo el transporte el responsable de los mayores descensos.

Aunque para algunos contaminantes las emisiones globales debidas al transporte no tengan un valor mucho más elevado que las que aportan otros sectores, como vemos en la tabla anterior, sí que es relevante que buena parte de esas emisiones de sustancias tóxicas se producen en entornos urbanos y metropolitanos, donde vive la mayor parte de la población. Eso explica que la incidencia real del tráfico sobre la salud sea mucho mayor de lo que indican estas cifras globales.

75 *Air pollution fact sheet 2013. Spain*. Agencia Europea de Medio Ambiente. Copenhague, 2013.

76 *Perfil Medioambiental de España, 2007* (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) y 2012 (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).

Por ejemplo, tomando el caso de Madrid y para estos mismos contaminantes de la tabla 70, según el *Plan de Calidad del Aire de la Ciudad de Madrid 2011-2015*[77], el transporte por carretera fue responsable del 82,2% y 78,7% de las emisiones de $PM_{2,5}$ y PM_{10}, respectivamente, que respiraron los madrileños durante 2009.

Hay que recordar, por último, que a pesar de la reducción de las emisiones contaminantes a la atmósfera producida en las últimas décadas en la Unión Europea, sigue existiendo un importante impacto de dichas emisiones no solo sobre la salud humana, como se ha comprobado, sino también sobre la salud de los ecosistemas, naturales o humanizados[78].

Ruido

Las legislaciones europea y española establecen los mecanismos para evaluar la población expuesta al ruido[79], especialmente a través de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) y los Planes de Acción para prevenirlo, vigilarlo y reducirlo cuando los niveles sean nocivos para la salud humana y para la calidad del entorno. Todo ello conforma el denominado Sistema Básico de Información sobre la Contaminación Acústica (SICA)[80].

En España los valores límites se han fijado legalmente en 65 dB durante el día y 55 dB durante la noche para zonas residenciales. En el conjunto de las 19 aglomeraciones urbanas analizadas hasta el momento 8,1 millones de personas (66,6% de la población estudiada) se encuentra expuesta a niveles diurnos por encima de los mencionados umbrales para uso residencial. Durante el periodo nocturno son 3,4 millones (27,7% de la población estudiada) las personas que están expuestas a niveles de ruido superiores a los establecidos legalmente[81].

La responsabilidad del transporte y, en particular, del modo viario en esa exposición al ruido es casi completa. De la población afectada por ruido por encima de los umbrales legales el 98,9% lo está por el tráfico rodado, el 0,3% por el ferrocarril y el 0,5% por las operaciones aeroportuarias; las instalaciones industriales tienen un impacto menor, con tan solo un 0,2% de la población expuesta.

Como en el caso mencionado más arriba de la contaminación atmosférica, si se aplican las recomendaciones más estrictas de la Organización Mundial de la Salud[82] a las ciudades estudiadas, la población afectada representaría un porcentaje mucho más elevado, convirtiendo al ruido del transporte en un elemento generalizado de perturbación de la salud de la población española.

77 www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/ContenidosBasicos/Ficheros/PlanCalidadAire2012.pdf

78 Agencia Europea de Medio Ambiente.*Effects of air pollution on European ecosystems*. Technical report Nº 11/2014. Véase también el documento *European Union emission inventory report 1990–2012 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*. EEA Technical report. No 12/2014.

79 Ley 37/2003, de 17 noviembre, del Ruido (BOE Nº 276 de 18/11/2003), transposición de la Directiva 2002/49/CE, Y R.D. 1367/2007 de 19 octubre por el que se desarrolla la ley 37/2003 del ruido referente a la zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

80 http://sicaweb.cedex.es/

81 Sanz Sa, J. R., Jefe de Área del MAGRAMA "Resultados y experiencias en la gestión acústica urbana. Perspectivas de futuro ante nuevos retos y desafíos acústicos". Congreso Nacional de Medio Ambiente, CONAMA, 2012. Madrid 26 a 30 noviembre del 2012.

82 50 dB (malestar moderado) y 55 dB (malestar fuerte) durante el día, y 45 dB (molestias y alteraciones del sueño) OMS, 2010: *Summary of night noise guidelines for Europe*. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20472950

Ocupación del territorio

Las infraestructuras de transporte tienen un impacto directo de ocupación del suelo y artificialización y un impacto indirecto por servidumbres o afecciones, es decir, por las limitaciones en las actividades que pueden realizarse a su alrededor y por las propias consecuencias para el entorno y los humanos. Cada modo de transporte tiene, sin embargo, una delimitación legal diferente de esas superficies afectadas por la presencia de las infraestructuras, por lo que de cara a tener una perspectiva global del transporte, hace falta establecer algunos criterios y equivalencias (ver volumen metodológico).

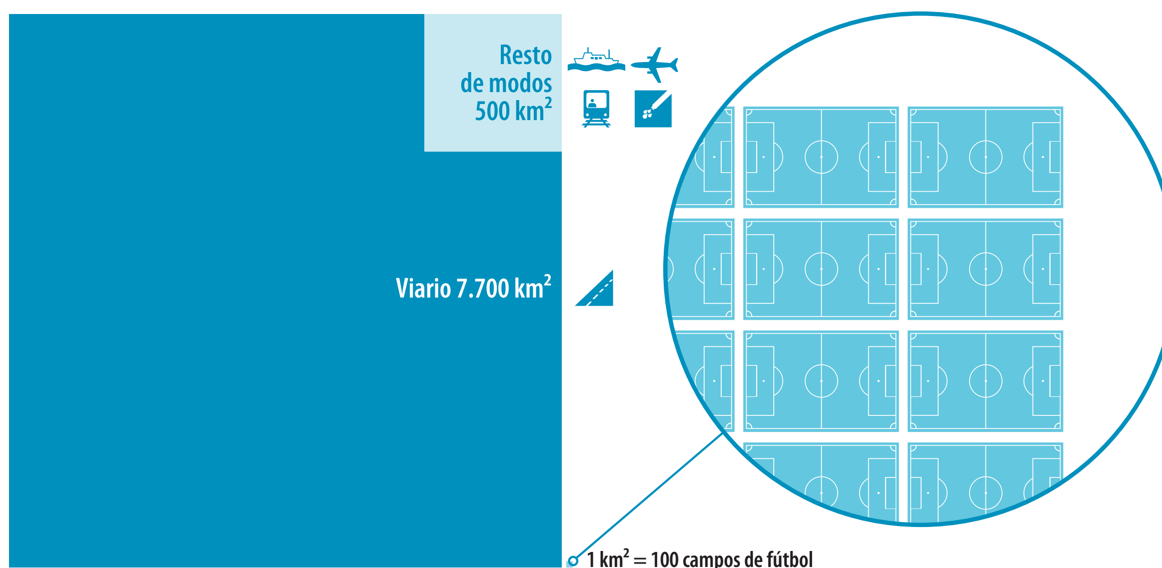
Una primera aproximación consiste en estimar el suelo directamente ocupado por las infraestructuras de desplazamiento y que puede considerarse excluido de sus funciones naturales. Desde ese punto de vista, las infraestructuras de transporte artificializan más de 700.000 hectáreas del suelo del país, distribuidas de la siguiente forma:

Tabla 71. Suelo artificializado por las infraestructuras de desplazamiento en 2012

	hectáreas	%
Viario (infraestructuras lineales únicamente)	659.200	93,1
Aeropuertos	18.022	2,5
Ferroviario (infraestructuras lineales únicamente)	15.433	2,2
Puertos	9.606	1,4
Tubería energética	5.769	0,8
TOTAL	708.030	100,0

A esas cifras hay que añadir las correspondientes en el modo viario a las zonas de aparcamiento de vehículos y estaciones de servicio, y en el modo ferroviario a las estaciones, apeaderos, cocheras e instalaciones esenciales para el funcionamiento del modo. La ilustración siguiente representa una primera aproximación al orden de magnitud que tiene el suelo artificializado por la fase de desplazamientos en el transporte, que se acerca en conjunto a las 820.000 hectáreas, es decir, algo más que la superficie de la Comunidad de Madrid. De ese áreas corresponden al viario unas 770.000 hectáreas (7.700 km^2) y al resto de los modos otras 50.000 hectáreas (500 km^2).

Figura 61. Suelo artificializado por las infraestructuras de transporte (2012)



Esa cifra se incrementa enormemente si en lugar de considerarse la ocupación directa se tienen en cuenta las diversas afecciones que legalmente son reconocidas alrededor de cada infraestructura.

Tabla 72. Superficie con afecciones legales derivadas de las infraestructuras de transporte (2012)

	Hectáreas
Viario	2.207.421
Aeropuertos	109.900
Ferroviario	101.624
Puertos	250.493
Tubería energética	28.846
Transporte de electricidad	50.260
TOTAL	2.698.284

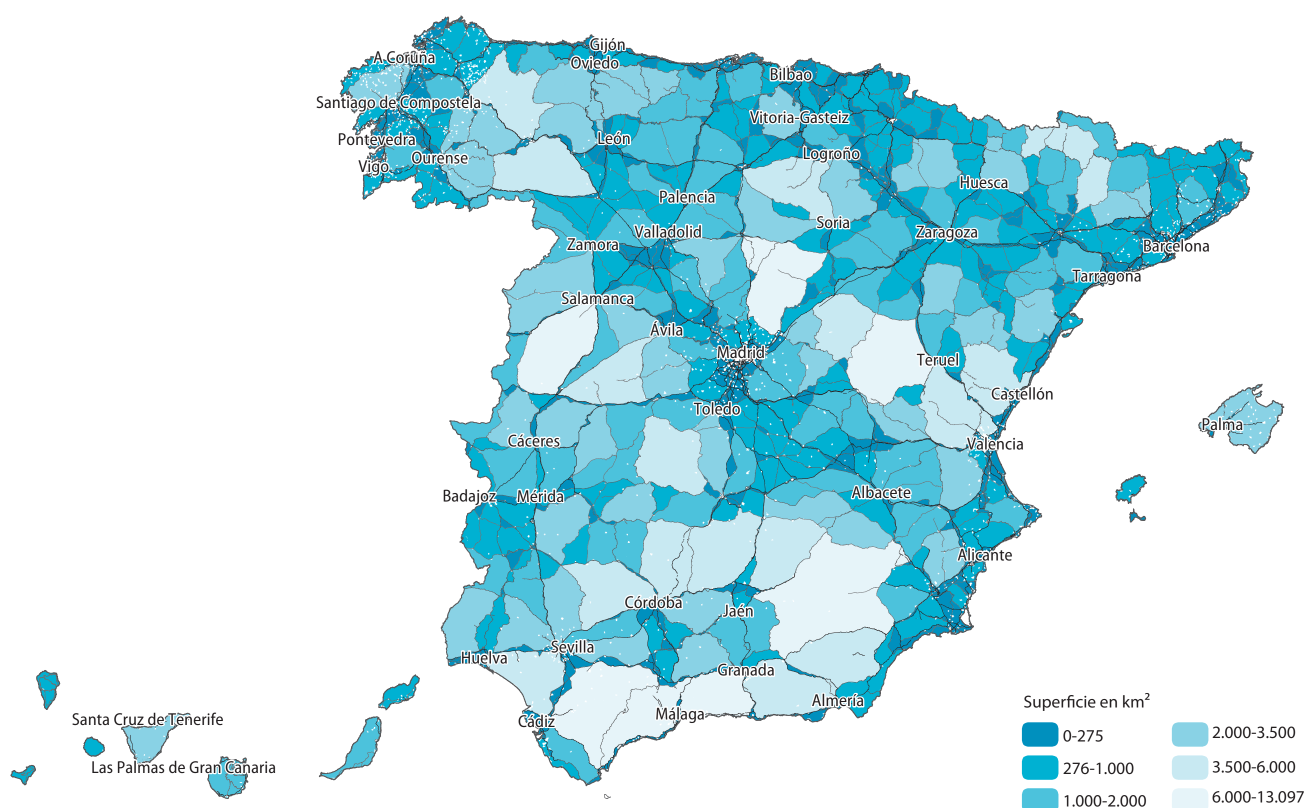
No debe olvidarse, en cualquier caso, que esta superficie, que representa el 5,3% del territorio del país, es solo una parte de la que resulta afectada ambiental y socialmente. Por ejemplo, las franjas de afección por el ruido o por las radiaciones electromagnéticas son más amplias que las señaladas estrictamente por la afección legal.

Fragmentación del territorio

El concepto de fragmentación del territorio es fácil de asociar a la idea de creación de barreras y límites, pero es difícil de medir con indicadores sencillos de interpretar por personas no especializadas. En el volumen metodológico se aborda la aproximación numérica a la fragmentación del territorio según los criterios y conceptos establecidos por la Unión Europea.

El mapa siguiente ilustra la aplicación de esos conceptos y criterios a la superficie del país. El mapa refleja la dimensión de las parcelas del territorio que no están fragmentadas por las infraestructuras de mayor efecto barrera (autovías y autopistas, carreteras de la red estatal y de primer orden autonómico y ferrocarriles).

Figura 62: Tamaño relativo de las parcelas no fragmentadas



Como se puede observar, hay una enorme fragmentación en algunas áreas como el País Vasco, el valle del Ebro, parte del Levante, Madrid y Cataluña, mientras que únicamente en cinco piezas del territorio se alcanzas parcelas no fragmentadas de un tamaño superior a 6.000 km^2.

La gravedad del efecto fragmentador se acentúa cuando el territorio afectado es crítico precisamente para la conservación de la biodiversidad. En ese sentido, una de las maneras de estimar ese efecto es analizar cómo afecta a la Red Natura 2000, el instrumento más importante de la Unión Europea para conservar los espacios de mayor valor para la biodiversidad[83]. La red consta de Zonas Especiales de Conservación (ZEC), designadas de acuerdo con la Directiva Hábitat, así como de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) establecidas en virtud de la Directiva

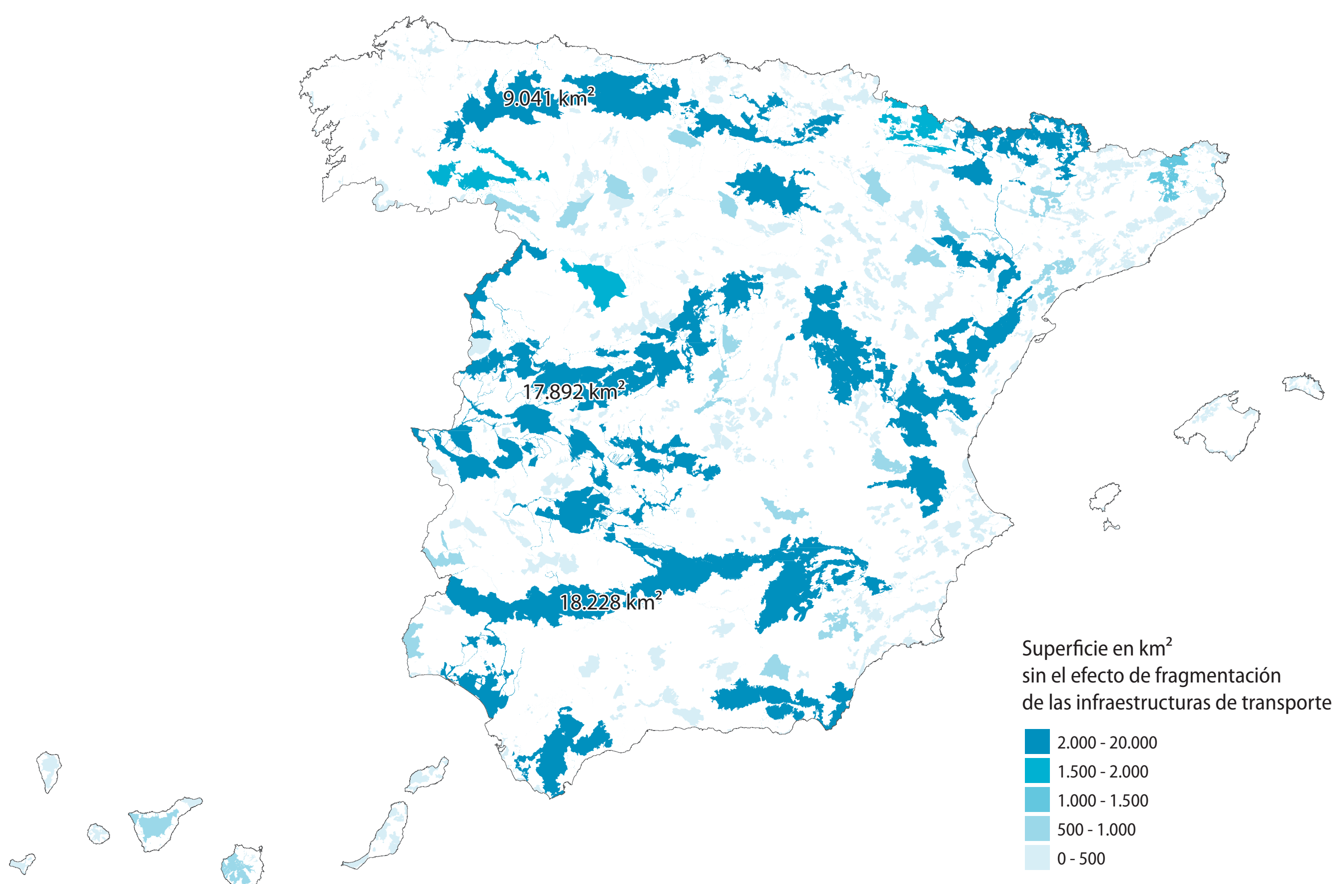
83 Directiva 92/43/CE relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

Aves. Su finalidad es asegurar la supervivencia a largo plazo de las especies y los hábitats más amenazados de Europa.

La red Natura 2000 de España está formada actualmente por 1.448 Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), incluidos en las listas aprobadas por la Comisión Europea, y por 598 Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), que comprenden en conjunto una superficie total de más de 147.000 km^2, lo que representa aproximadamente un 27% del territorio español. De esa extensión total, más de 137.000 km^2 corresponden a superficie terrestre, y unos 49.000 km^2 a superficie marina[84].

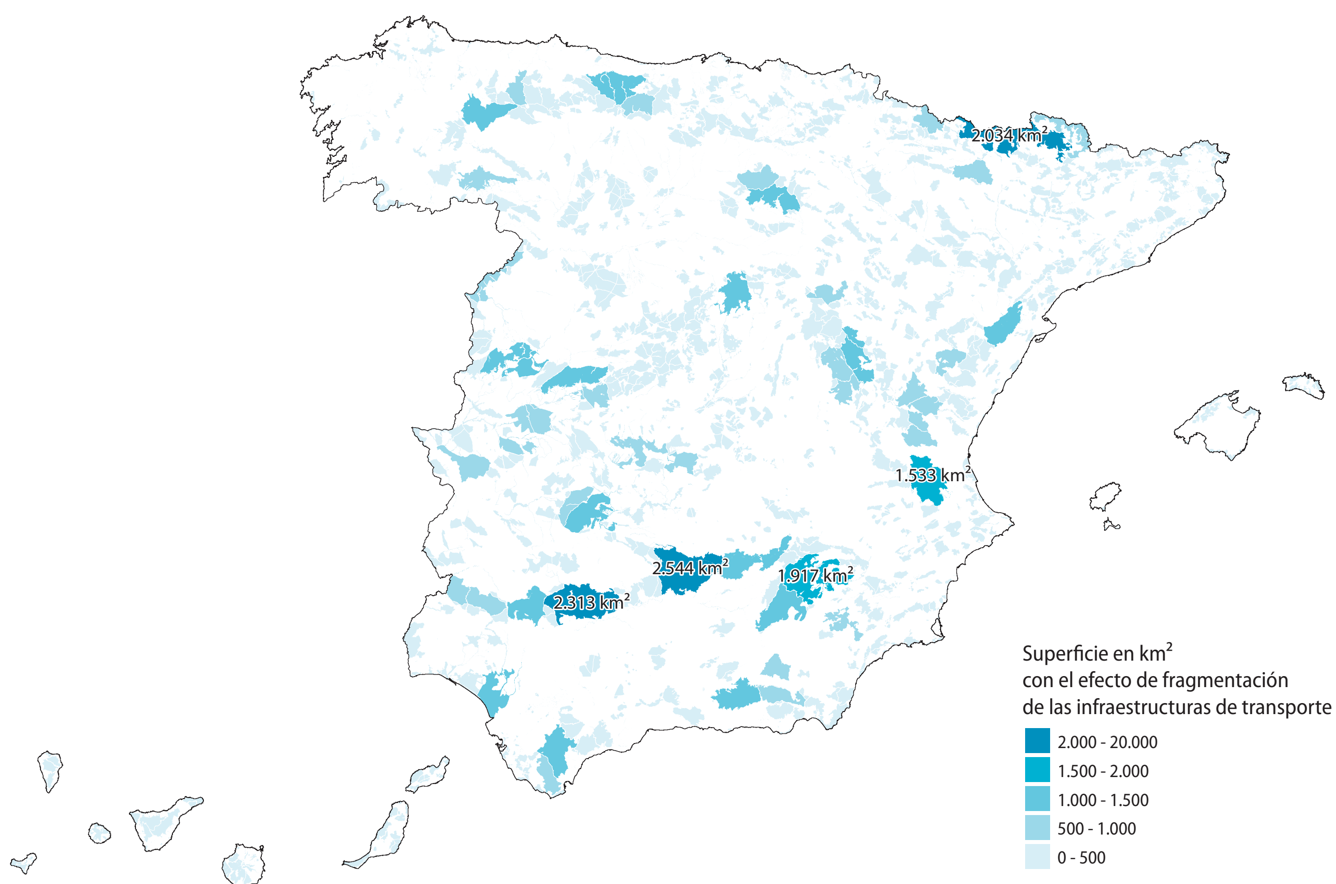
La superficie terrestre de la península de la Red Natura 2000 se distribuye en algo más de un millar de parcelas con un tamaño medio de aproximadamente 124 km^2; la parcela más grande cubre un territorio de 18.280 km^2, que corresponde a las Sierras Morena y Bética. Cuando se observan esas mismas parcelas bajo el prisma de la fragmentación causada por las infraestructuras de transporte arriba mencionadas, el panorama cambia drásticamente.

Figura 63: Tamaño de las parcelas terrestres de la Red Natura 2000 sin el efecto de fragmentación de las infraestructuras de transporte



84 *La Red Natura 2000 en España*, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_espana.aspx - consultado el 26.11.2013. Conviene recordar que la red Natura 2000 todavía no está completa en España, ya que de acuerdo con las conclusiones sobre el grado de representación en los LIC españoles de los tipos de hábitat y las especies de interés comunitario hay 11 tipos de hábitat del Anexo I de la Directiva Hábitats y 11 especies del Anexo II de la Directiva que están todavía insuficientemente representados en dicha red. En julio de 2014 se aprobaron 39 ZEPA marinas adicionales a las existentes, las cuales ocupaban una superficie de 10.000 km^2.

Figura 64: Tamaño de las parcelas terrestres de la Red Natura 2000 con el efecto de fragmentación de las infraestructuras de transporte



Las redes de infraestructuras lineales de transporte reducen la parcela media de la Red Natura 2000 a 34,7 km^2 mientras que la parcela de mayor tamaño no alcanza los 2.540 km^2. Estas cifras suponen una reducción del 72% de la superficie de la parcela media y del 86% de la superficie de la parcela más grande.

Resultados principales en la esfera monetaria

Costes globales de los desplazamientos

Siguiendo los procedimientos expuestos en el *Volumen de Metodología*, el análisis de los costes monetarios de cada modo de transporte recorre el conjunto de actividades que hacen posibles los desplazamientos de personas y mercancías, es decir, recorre la cadena de formación de valor desde la fabricación de vehículos a la construcción de infraestructuras, pasando por el propio desplazamiento y los sistemas de gestión del mismo.

Tabla 73. Flujos monetarios en el modo viario (millones de euros)

	2007	2012
Vehículos de uso personal	39.656	18.876
Venta de automóviles nuevos	31.179	12.884
Venta de motocicletas nuevas	1.682	477
Venta de ciclomotores nuevos	279	33
Venta de bicicletas nuevas	366	300
Alquiler de automóviles	6.146	5.172
Alquiler de bicicletas	5	11
Infraestructuras privadas	6.247	1.416
Redes viarias privadas (construcción y mantenimiento)	1.701	172
Aparcamientos privados (construcción y mantenimiento)	3.403	344
Guardia y custodia vehículos en garajes	184	130
Guardia y custodia vehículos 'parking'	891	698
Guardia y custodia vehículos en solares	67	72
Desplazamiento	63.726	59.036
Explotación de autopistas y túneles de peaje	1.603	1.450
Facturación de las empresas de autobuses carretera	3.370	3.519
Facturación de las empresas de autobuses urbanos	1.455	1.521
Facturación del transporte de mercancías	31.393	24.129
Facturación de autotaxis	979	976
Gasolina empleada en turismos	8.585	8.576
Gasoil empleado en turismos	15.454	18.017
Gasolina empleada en motos	738	543
Gasolina empleada en ciclomotores	40	30
Mudanzas	109	70
Gestión y mantenimiento del sistema	29.588	23.740
Venta de repuestos para automóviles y dos ruedas	1.145	1.127
Reparaciones de automóviles y vehículos de dos ruedas	13.466	9.015
Seguros de automóviles (Responsabilidad Civil)	5.954	5.228
Seguros de automóviles (otras garantías)	4.457	4.356
Venta de accesorios de bicicletas	244	200
Engrase y lavado de vehículos	446	413
Inspección Técnica de Vehículos	275	372
Tasas de Tráfico	453	387
Multas	526	704
Autoescuelas	646	357
Depósito de vehículos	49	19
Servicios de integrales de correos y telecomunicaciones	1.095	909
Servicios de mensajería y reparto de correspondencia	832	652
TOTAL	139.217	103.068

Estas cifras no incluyen el balance fiscal del Estado, es decir, el diferencial entre ingresos y gastos específicos en transporte viario, que serán objeto de un apartado posterior.

Además de la propia envergadura de los flujos monetarios que intervienen en el modo viario, hay que resaltar dos aspectos:

- la importancia de los flujos monetarios incorporados en los elementos que acompañan al desplazamiento estricto

El flujo más visible en la vida cotidiana, es decir, el pago directo de los billetes, el transporte de cargas, los peajes y los combustibles de los vehículos de uso privado, que se genera en los desplazamientos, representa el 46% y el 57%, en 2007 y 2012 respectivamente, del total de recursos monetarios involucrados en esos viajes.

- la drástica reducción de los flujos monetarios entre 2007 y 2012 se debe sobre todo a la caída en picado del gasto en la adquisición de vehículos y de plazas de aparcamiento[85]. Solo la reducción de la compra de vehículos motorizados ha supuesto una disminución de gastos entre esas dos fechas de casi 20.000 millones de euros.

Una aproximación somera al resto de los modos de transporte apunta a unos flujos monetarios conjuntos con un orden de magnitud en torno a los 40.000 y 35.000 millones de euros en 2007 y 2012 respectivamente.

Tabla 74. Flujos monetarios en el resto de los modos de transporte (millones de euros)

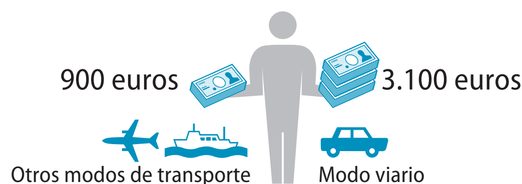
	2007	2012
Ferrocarril	9.542	8.881
Aéreo	15.171	11.370
Marítimo	7.579	5.845
Tubería energética	1.247	1.660
Transporte electricidad	1.031	1.755
Ascensores	3.086	2.675
Tubería agua	2.225	2.423
TOTAL	39.881	34.610

Con todo ello, los recursos monetarios que se mueven, valga la redundancia, con el transporte ascendieron a unos 179.000 y 138.000 millones de euros en 2007 y 2012 respectivamente.

O dicho de un modo más comprensible, sin contar los balances fiscales que luego se mencionarán, a cada habitante de este país le correspondió en 2007 una aportación de casi 4.000 euros para realizar los desplazamientos de personas, bienes y mercancías que de promedio le corresponde en el modelo económico vigente; de ellos casi 3.100 se dirigían a cubrir las demandas del modo viario. Cinco años más tarde esas magnitudes se habían desplomado a 2.900 euros de aportación total y 2.200 de aportación al viario. Todo ello sin contar los flujos monetarios del Estado, según el balance fiscal que se establece más adelante y que suponía, en 2007 otra inyección de unos 250 euros por persona al año (135 euros en 2012).

85 Asociadas a las viviendas nuevas construidas y afectadas, por tanto, por la explosión de la burbuja inmobiliaria.

Figura 65. El dinero para realizar los desplazamientos por persona al año (2007)



Costes unitarios de los desplazamientos

La aproximación a los costes unitarios de los desplazamientos, es decir, el coste de realizar un recorrido (persona-km o tonelada-km) se aborda, según se explica en el *Volumen de Metodología*, de abajo a arriba, es decir, estimando los costes que acarrea el uso de un vehículo o un viaje promedio. Obviamente, el modo en que se emplean los vehículos y los rasgos de los propios vehículos son determinantes del coste unitario de cada viaje o desplazamiento; lo interesante aquí, por tanto, es aportar algunas referencias sobre vehículos promedio o desplazamientos promedio.

Empezando por el vehículo dominante en la movilidad de personas, el precio medio de un turismo en España era en el año 2012 de 20.144 euros[86]. Calculando los costes por kilómetro como hacen las revistas especializadas del automóvil, pero con los datos ofrecidos por estas Cuentas, los resultados son los siguientes:

Tabla 75. Coste en euros por cada 100 km del desplazamiento en un turismo medio (2012)

	Cifras de referencia	€ por 100 km	%
Costes por adquisición del vehículo		12,0	37,6
Adquisición del vehículo (€)	20.194		
Periodo amortización (años)	13		
km totales al año	13.423		
km en toda la vida útil	170.402		
Coste de adquisición anual (€)	1.553		
Coste impuestos de matriculación y transmisiones (€)	53		
Coste de mantenimiento y reparación		5,2	16,4
Coste reparaciones, repuestos y mantenimiento (€)	561		
Recorrido entre sustituciones de neumáticos (km)	40.000		
Precio medio de los neumáticos (€)	420		
Coste de cambio de neumáticos en toda la vida útil (€)	1.789		
Coste anual del cambio de neumáticos (€)	138		
Costes de gestión		4,8	15,0
Coste medio de los seguros (€)	462		
Coste anual del impuesto de circulación (€)	130		
Tasas de tráfico, ITV, autoescuelas, etc. (€)	47		
Combustible y gastos de desplazamiento y uso		9,9	31,0
Coste de combustible (€)	1.195		
Coste aparcamiento[87] (€)	62		
Coste peajes (€)	65		
Coste total euros por 100 km (€)		31,8	100

86 Ese fue el precio medio efectivo (con descuentos) estimado por Faconauto según nota de prensa (17/01/2013). Otras fuentes estiman el precio medio en 19.474 euros, http://www.coches.net/noticias/precio (19.junio 2012). Por último, según el Balance de la Automoción 2012 de la consultora de investigación de mercados TNS Spain, a diciembre de 2012 el precio medio del automóvil matriculado en España era de 18.841 €.

87 No está incluido aquí el coste de los aparcamientos privados incorporados en las viviendas o en las edificaciones, sino exclusivamente los pagos efectuados en aparcamientos públicos o en la calle con parquímetros.

Como se puede observar, el coste directo de los desplazamientos, el que resulta más visible para las personas que utilizan el automóvil, representa algo menos de la tercera parte del coste total, siendo los costes de adquisición del vehículo los que representan la parte más importante del conjunto de gastos.

Las cifras anteriores expresan el coste del desplazamiento con independencia del número de personas que viajan en el turismo. Dada la ocupación media, estimada en 2012 de 1,68 personas por turismo, el coste global resultaba ser en 2012 de 18,9 euros por 100 personas-km. El coste directo, contando únicamente la parte más visible de los gastos (el combustible, los peajes y los aparcamientos de pago) de la movilidad en automóvil es, por tanto, de 5,9 euros por cada 100 personas-km.

Tabla 76. Costes del turismo medio por cada 100 personas-km recorridos (2012)

	euros
Costes por adquisición del vehículo	7,1
Combustible y gastos de desplazamiento	5,9
Coste de mantenimiento y reparación	3,1
Costes de gestión	2,8
TOTAL	18,9

Esas cifras, que atienden únicamente los costes individuales y no tienen en cuenta los costes exigidos al Estado, pueden ser contrastadas con las que ofrecen otros medios de transporte de personas:

Tabla 77. Costes (euros) individuales del desplazamiento de personas[88] (2012)

	Costes por 100 km
Autobús interurbano	6,5
Tren[89]	8,1
Autobús urbano	9,5
Avión interior[90]	4,9-13,8
Automóvil (coste total)	18,9
Automóvil (coste directo)	5,9

Esas cifras ayudan a explicar las decisiones individuales a la hora de viajar y los diferentes comportamientos seguidos por la ciudadanía en función del tipo de viaje, el número de personas que viajan, las distancias, los itinerarios, etc.

88 El Observatorio del Transporte y la Logística de España (OTLE) del Ministerio de Fomento ofrece en su *Informe de Indicadores* cifras muy parecidas a las calculadas aquí para el caso del automóvil, con 18 euros por 100 persona-km; y el autobús, con 6,3 euros por 100 persona-km. Para los servicios de cercanías y media distancia el precio asignado por el OTLE en 2011 es de 6,4 euros por 100 personas-km, mientras que para el AVE y los servicios de larga distancia el precio era de 13,46 y 11,08 respectivamente.

89 Elaboración propia a partir de los datos del *Informe 2012* de Renfe. Según los datos del Observatorio del Transporte y la Logística del Ministerio de Fomento, los precios de desplazamiento de Renfe variaban en 2011 entre los 5,5 euros por 100 personas-km en los servicios de Cercanías, hasta los 13,5 euros por 100 personas-km en Alta Velocidad.

90 Datos del Observatorio de Transporte Aéreo de FEDEA. *Tercer Informe. Las tarifas en el mercado español de transporte aéreo.* O. Betancor, A. Gallego y M.J. González. FEDEA, mayo 2013.

Para el transporte de mercancías por medios terrestres, las cifras son las siguientes:

Tabla 78. Costes del desplazamiento de mercancías por medios terrestres[91] (2012)

	Euros por 100 t-km cargadas o transportadas
Camión	5,5
Tren	2,9
Tubería de productos petrolíferos	5,4

Las inversiones en infraestructuras

Una de las características del último periodo de crecimiento de las variables principales del transporte es el esfuerzo inversor que se ha venido acumulando. Atendiendo únicamente a los principales modos y ámbitos de transporte las cifras son las siguientes:

Tabla 79. Inversiones en infraestructuras en el periodo 1993-2012 (en millones de euros de 2012)

	Carreteras supramunicipales	Líneas de alta velocidad ferroviaria	Ferrocarril convencional	Aeropuertos	Marítimas
Total	161.741	49.096	40.548	27.190	27.485
Media anual	8.087	2.455	2.027	1.481	1.374

Contando únicamente con estos cinco ámbitos del transporte, la inversión total acumulada fue de 306.000 millones de euros en el periodo 1993-2012, lo que representa una inversión anual media por encima de los 15.400 millones de euros, es decir, unos 330 euros por habitante.

En el caso de la alta velocidad ferroviaria, si a la mencionada cifra se le añade la correspondiente al periodo inicial, con la construcción de la línea Madrid-Sevilla (4.103 millones de euros) y las estaciones (2.860 millones de euros), el montante global aplicado a su infraestructura asciende a más de 56.000 millones de euros.

Balance fiscal

Desde la perspectiva de la administración pública se pueden observar esos flujos según su aportación a los ingresos y los gastos del Estado en sus diferentes ámbitos. De nuevo, por su dimensión fiscal interesa conocer con un cierto detalle el balance fiscal del modo viario. En la tabla siguiente se ofrece una primera aproximación al diferencial de ingresos y gastos específicos. Como se explica en el volumen metodológico, solo se incorporan a esta cuenta los impuestos y gastos propios de esta actividad; así, el Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA) solo se refleja cuando presenta un diferencial con respecto al tipo que grava cualquier intercambio.

91 Datos del Observatorio del Transporte y la Logística del Ministerio de Fomento para el transporte de mercancías por carretera y ferrocarril. Elaboración propia en el caso de la tubería.

Tabla 80. Balance fiscal del modo viario (en millones de euros)

	2007	2012
Fiscalidad específica del transporte viario	**17.335**	**14.089**
Impuesto sobre Determinados Medios de Transporte (de matriculación)	2.150	430
Impuesto sobre Hidrocarburos	11.784	9.453
Impuesto sobre Ventas Minoristas de Determinados Hidrocarburos	1.350	1.517
Impuesto circulación	1.975	2.886
IVA específico (autobús y taxi)	-489	-681
Tasas Dirección General de Tráfico	566	483
Gastos e inversiones específicos del transporte viario	**15.840**	**11.186**
Construcción y mantenimiento de carreteras (Estado y CCAA)	5.469	3.814
Construcción y mantenimiento de carreteras (Diputaciones)	839	514
Construcción y mantenimiento de viario municipal	2.782	920
Peajes en sombra y compensaciones autopistas peaje	178	212
Vigilancia del tráfico en carreteras	1.031	989
Vigilancia y gestión del tráfico urbano	1.343	1.616
Subvenciones y otros gastos de los servicios de autobús	1.604	1.636
Subvenciones al vehículo particular (PIMA, PIVI, MOVELE)	96	48
Gastos de personal y otros en el viario de entidades locales	1.588	796
Servicios de la Administración Central, CCAA y Diputaciones	448	316
Gastos específicos en los ámbitos sanitario y judicial	461	326
Diferencia entre fiscalidad específica y gastos específicos	**1.495**	**2.903**
Multas (DGT, Ayuntamientos y otros organismos)	584	783

No se han podido cuantificar rigurosamente y sumar todas las partidas de gastos estatales, como por ejemplo la cuota que le correspondería al transporte en los pagos por exceso de emisiones de efecto invernadero que viene realizando el país, o las ayudas que se dirigen desde la Administración Central y, también, desde las administraciones autonómicas, a los sectores industriales de la automoción. Por último, no se han considerado las multas como fiscalidad específica, pero se indica su cuantía, ni tampoco, y por el mismo motivo, el Impuesto de Transmisiones Patrimoniales, que se aplica en determinados supuestos de compraventa de vehículos usados, pero también en otro tipo de transacciones ajenas al sector[92].

Aceptando esas limitaciones, frente a lo que ocurría en los primeros años noventa del siglo pasado, en los que se establecía un gran equilibrio entre ingresos y gastos estatales en el modo viario, en estos últimos años se viene produciendo un diferencial anual que da un saldo normalmente positivo para el Estado con respecto al modo viario, de una magnitud entre 1.500 y 3.000 millones de euros. Sin embargo, también se ha llegado prácticamente al equilibrio entre gastos e ingresos en algún año de fuertes inversiones en infraestructuras, como lo fue 2009.

Observando la tabla anterior, se puede constatar que la clave de ese diferencial son los impuestos que gravan los combustibles, mientras que en el capítulo de gastos son las infraestructuras urbanas e interurbanas las que suponen la porción mayoritaria.

92 Según Anfac, ese impuesto supuso unos ingresos a las Comunidades Autónomas perceptoras de 167 millones de euros, tanto en 2007 como en 2012.

Del resto de los modos de transporte hay varios que, por los rasgos de sus modelos de actividad, generan balances fiscales de escasa entidad y en general bastante equilibrados. Así ocurre con el transporte por tubería de productos energéticos, el transporte de electricidad o los ascensores. Sin embargo, los otros tres grandes modos de transporte, ferroviario, aéreo y marítimo, tienen todos un balance fiscal negativo para el Estado, destacando el modo ferroviario. Con las cautelas requeridas por la somera aproximación realizada, conjuntamente puede haber supuesto en 2007 y en 2012 un balance fiscal negativo de cerca de 13.000 y 9.200 millones de euros, respectivamente.

Tabla 81. Balance fiscal del transporte ferroviario, aéreo y marítimo en millones de euros (2007 y 2012)

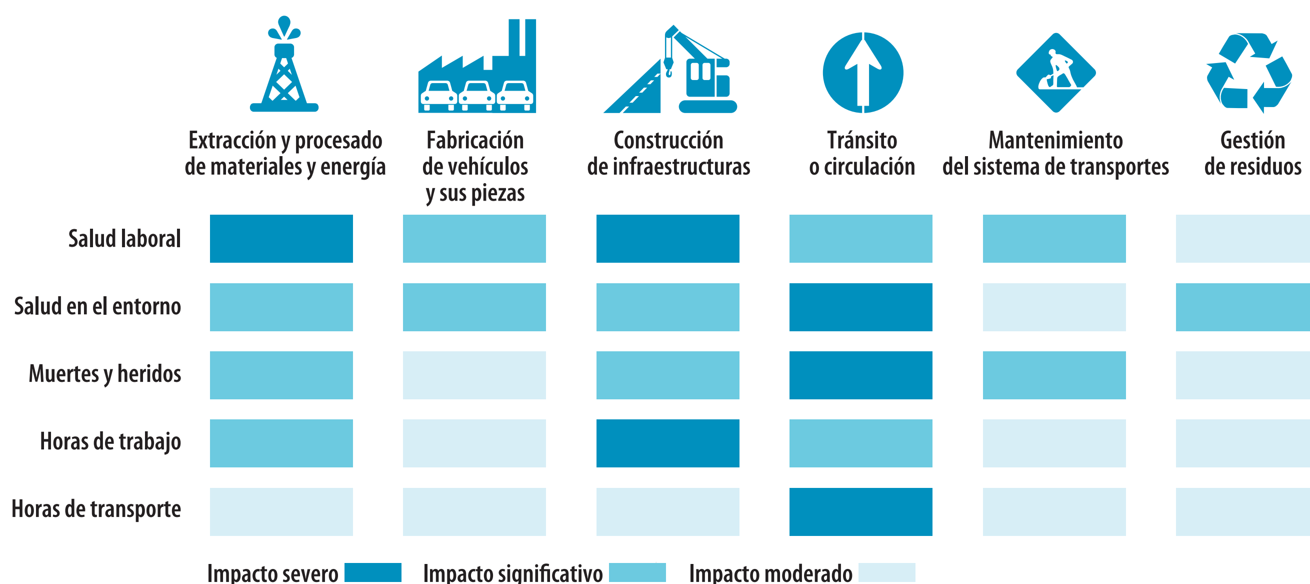
	2007	2012
Ferrocarril	-8.030	-6.850
Aéreo	-3.300	-1.850
Marítimo	-1.630	-480
TOTAL	-12.960	-9.180

En conjunto, por tanto, se puede afirmar que el ciclo global de la actividad del transporte recibe más esfuerzos monetarios por parte del Estado que los ingresos específicos que le aporta. A los casi 4.000 euros que ponían directamente los habitantes de este país en 2007 en transporte hay que añadir algo más de 250 euros adicionales procedentes del Estado. Para 2012 esas cifras se redujeron a 2.900 euros de aportación directa y 135 euros de aportación a través del Estado.

Resultados principales en la esfera social

Al igual que ocurre con la esfera ambiental, una buena parte de los impactos sociales o de las consecuencias sociales de los desplazamientos tiene lugar fuera del escrutinio de quienes se desplazan o trasladan mercancías.

Figura 66. Dimensión de los impactos sociales en las diferentes fases del ciclo del transporte



Obviamente, también en este caso, la valoración sobre el grado de importancia del impacto está expuesta a una gran subjetividad y, por tanto, la tabla anterior debe ser leída con cautela, sirviendo únicamente como recordatorio de la importancia de reflexionar en clave global, atendiendo a todas las facetas y vectores que permiten los desplazamientos. Una manera para abordar esta cuestión de cara al futuro es el denominado Análisis Social del Ciclo de Vida, que empieza a ser desarrollado en algunos sectores académicos e institucionales[93].

Los impactos sociales indicados en la tabla son demasiado amplios y genéricos para poder abordarlos en el presente trabajo, pero sí se pueden analizar piezas de los mismos y, en particular, las siguientes:

- exposición a la contaminación
- accidentalidad
- exposición al riesgo de accidente
- dimensiones del trabajo necesario para los desplazamientos
- tiempo dedicado al transporte
- autonomía respecto a los medios de transporte

93 Jørgensen A, Le Bocq A, Nazarkina L, Hauschild M (2008): "Methodologies for Social Life Cycle Assessment". *Int J LCA* 13 (2) 96–103.

Accidentalidad y riesgo

Una de las consecuencias más visibles de los desplazamientos en la esfera social es la accidentalidad y sus efectos colaterales, tanto para el modo de vida como para la propia elección de los medios de transporte.

Los daños derivados de la accidentalidad en el transporte se extienden a las personas (viajeros o viajeras y tripulantes de los vehículos), a los bienes transportados y, también, al entorno que recibe las emisiones y los derrames derivados del accidente. Dejando a un lado los bienes dañados durante el transporte y los daños al entorno, interesa en la esfera social conocer la dimensión de la otra pérdida derivada de la accidentalidad: la vida y/o las condiciones de vida.

La siguiente tabla ofrece un primer panorama de la evolución de las consecuencias personales de la accidentalidad vinculada a los desplazamientos en las dos últimas décadas, aunque hay que advertir las diferencias conceptuales y estadísticas de las cifras de cada modo, tal y como se refleja en el capítulo metodológico correspondiente, que invita a tomar con muchas cautelas cualquier tipo de análisis integrado:

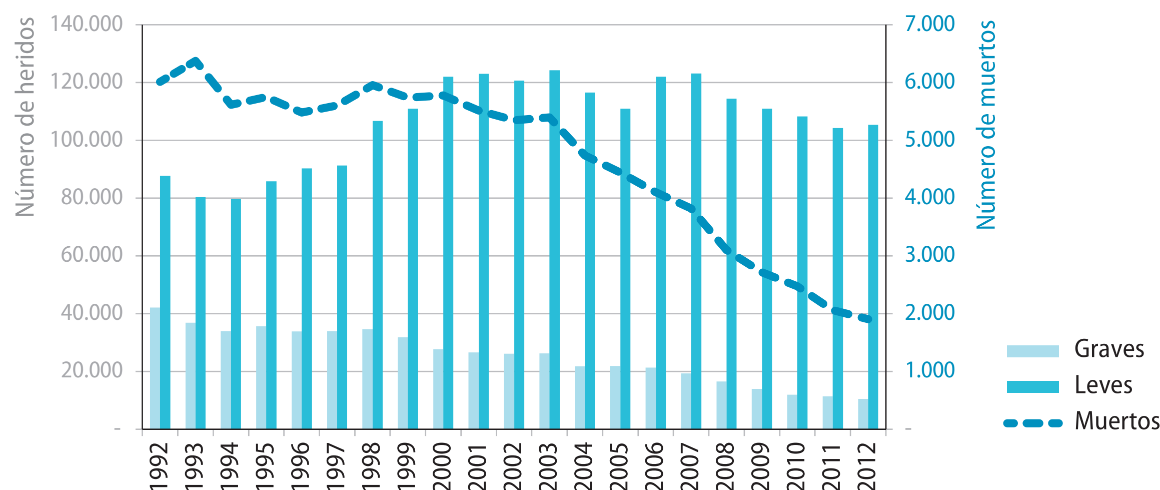
Tabla 82. Evolución de las víctimas registradas oficialmente en los accidentes en el transporte en España (1992-2012)

	1992		2007		2012	
	Muertas	Heridas	Muertas	Heridas	Muertas	Heridas
VIARIO	6.014	129.949	3.823	142.521	1.903	115.890
FERROVIARIO	67	85	22	19	8	13
MARÍTIMO	145	70	50	40	21	29
AÉREO	17	23	11	7	10	7
TOTAL	6.243	130.127	3.906	142.587	1.942	115.939

Destaca evidentemente la cifra anual de víctimas del modo viario, que representan un 98% de los muertos y un 99,9% de los heridos anuales. De hecho, en los veinte años transcurridos entre 1992 y 2012, fallecieron por accidente de tráfico (en carretera y zona urbana) 97.944 personas, una cifra equivalente a la población de la ciudad de Gerona. La cifra de heridos graves y leves es también gigantesca: 2.777.835 heridos en el mismo periodo, de los cuales medio millón lo fueron de carácter grave.

De ese conjunto de víctimas del modo viario, lo más destacable es la reducción drástica del número de muertos, que se ha dividido por más de tres en estas dos décadas. Son los heridos leves los que presentan una tendencia menos positiva, pues aumentaron desde 1992 hasta 2007; las reducciones posteriores no han sido suficientes para compensar dicho aumento, tal y como se puede observar en la siguiente ilustración:

Figura 67. Evolución de las víctimas del tráfico en registradas por las fuerzas policiales (1992-2012)



Hay que advertir, en cualquier caso, que las cifras de víctimas indicadas son las registradas por las fuerzas policiales en las estadísticas de la Dirección General de Tráfico (DGT), que únicamente representan una parte del universo de los heridos en accidente de tráfico.

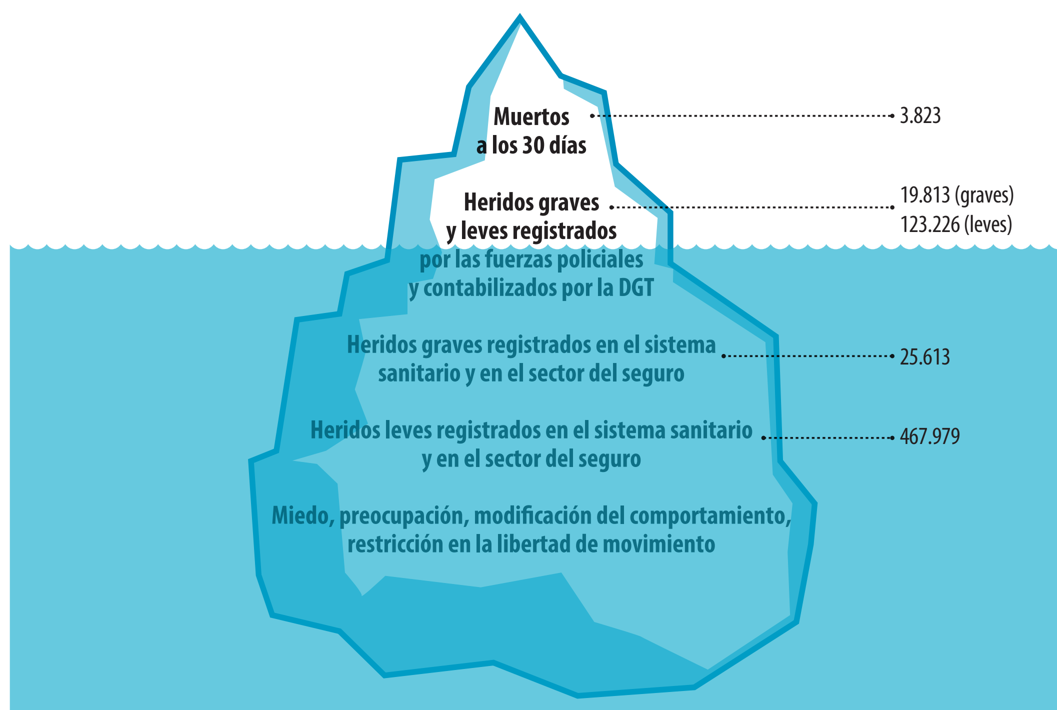
En efecto, como se indica en el *Volumen de Metodología*, los datos de la DGT resultan ser de una precisión proporcional a su gravedad: los fallecidos en accidentes de tráfico se registran con máxima precisión, pero hay numerosos accidentes leves que no quedan reflejados en partes policiales y, por tanto, quedan excluidos de las cifras oficiales.

Este fenómeno del infrarregistro o la infranotificación de accidentes de tráfico con víctimas se puede paliar a través de las fuentes del sistema sanitario y del sector del seguro. Cada una de dichas fuentes tiene sus puntos fuertes y sus debilidades, pero lo que es indudable es que las cifras de accidentalidad en el modo viario, sobre todo entre los de menor lesividad, son bastante superiores a las ofrecidas en las estadísticas de la Dirección General de Tráfico.

De hecho, como se señala en el *Volumen de Metodología*, en 2007 la cifra de heridos graves derivados de los accidentes de tráfico registrados en el sistema hospitalario era al menos de un 29% superior a la cifra registrada por las fuerzas policiales indicada en el *Anuario de Accidentes* de la Dirección General de Tráfico. Esa misma aproximación realizada con los heridos leves refleja un diferencial muy superior, pues las cifras del sistema hospitalario son 3,8 veces superiores a las de los registros policiales.

Las cifras de siniestralidad que se derivan del sector del seguro del automóvil son también mucho más elevadas que las del registro policial. Según la *Memoria Anual del Seguro 2008*, los sucesos vinculados al automóvil que se tradujeron en daños corporales fueron 3,6 veces más altos que las cifras de heridos leves registrados por la Dirección General de Tráfico.

Figura 68. El iceberg de la accidentalidad del tráfico viario en 2007



El iceberg de la ilustración sugiere la percepción que existe hoy en la sociedad con respecto a los accidentes de tráfico. El éxito visible en la reducción de los fallecidos tiene en su base menos conocida una cifra oficial muy elevada de heridos. Por debajo se encuentra una masa sumergida de heridos no registrados en las estadísticas de la Dirección General de Tráfico y, sobre todo, un enorme volumen de daños de mayor profundidad: la transformación de los comportamientos y las relaciones sociales causada por la percepción del riesgo.

La accidentalidad es un indicador parcial de la seguridad. El mayor o menor número de accidentes o de víctimas puede ser el resultado no solo de las condiciones técnicas del medio de transporte analizado, sino también de los comportamientos que se establecen a su alrededor. Puede existir peligrosidad e inseguridad a pesar de no registrarse accidentes.

En cualquier caso, las cifras de accidentalidad en bruto no sirven para comparar la seguridad de unos modos y medios de transporte con otros, comparación que, como se indica en el *Volumen de Metodología* correspondiente, ya es de por sí muy compleja atendiendo únicamente al modo de registrar los accidentes en cada uno de ellos. Para que esas cifras de accidentes globales tengan un mayor significado hace falta relacionarlas con la movilidad, con las magnitudes de los desplazamientos en los que ocurren dichos sucesos, en lo que se denomina exposición al riesgo o medida del riesgo de accidente.

Una aproximación habitual para la estimación de la exposición al riesgo es la vinculación de la accidentalidad con los recorridos realizados en las diferentes formas de locomoción. La tabla siguiente analiza, para los modos viario, ferroviario (excluyendo los medios urbanos, metropolitano y tranvía) y aéreo, la exposición al riesgo a través de uno de los ratios posibles, el número de muertos o heridos por persona-km.

Tabla 83. Evolución de la exposición al riesgo (1992-2012). Víctimas por 1.000 millones de personas-km

	1992		2012	
	Muertas	Heridas	Muertas	Heridas
Viario	21,7	469,7	3,32	201,9
Ferroviario (no urbano)	3,8	4,8	0,18	0,31
Aéreo	-	-	0,05	0,05

De la lectura de la tabla se deducen dos aspectos cruciales. El primero es la enorme diferencia de exposición al riesgo que presentan los tres modos de transporte, con clara ventaja para el modo aéreo y el ferrocarril. Hay que decir, no obstante que otro indicador de exposición al riesgo, como puede ser el número de víctimas por tiempo de desplazamiento, igualaría los órdenes de magnitud del ferrocarril y la aviación. En cualquier caso, para hacer un análisis en mayor profundidad haría falta elegir un periodo de exposición superior al de la anualidad, para evitar la inestabilidad de las cifras derivadas de grandes accidentes que trastocan los datos en determinados años, tanto para el ferrocarril como para la aviación.

La segunda constatación de la tabla anterior es el drástico cambio de escenario que ha tenido la exposición al riesgo en los últimos veinte años. En el modo viario el riesgo de muerte se ha dividido por más de seis y el riesgo de resultar herido se ha dividido por más de dos. El riesgo en el modo ferroviario no urbano ha registrado una reducción incluso más elevada que en el modo viario.

Ese cambio drástico está corroborado por la posición del tráfico entre las causas de muerte de la población española: si en 1992 la mortalidad por tráfico representaba un 1,81% del conjunto de la mortalidad, en 2012 era del 0,47%.

Tabla 84. Evolución de la participación de la mortalidad por tráfico en la mortalidad general (1992-2012)[94]

	Todas las defunciones	Personas muertas por accidente de tráfico	% mortalidad tráfico
1992	331.515	6.014	1,81
2007	385.361	3.823	0,99
2012	402.950	1.903	0,47

Hay que considerar, en cualquier caso, que la exposición al riesgo en el modo viario encierra considerables diferencias si se tienen en cuenta los kilómetros recorridos y la mortalidad de cada medio de transporte. Así, por ejemplo, en el viario interurbano las diferencias de exposición al riesgo son muy elevadas si se relacionan las víctimas (suma de personas muertas y heridas) de accidentes con los kilómetros recorridos en diferentes medios de transporte:

Tabla 85. Exposición al riesgo en el viario interurbano en 2012

	Nº de víctimas por 1.000 millones de personas-km
Autobús	20
Turismo	222
Motocicleta	3.412

Como se deduce de la tabla anterior, los órdenes de magnitud de la exposición al riesgo de los diferentes medios de transporte por carretera tienen un enorme rango. La exposición al riesgo de viajar en autobús es diez veces inferior a la de viajar en turismo y la de viajar en turismo quince veces inferior a la de viajar en motocicleta.

94 Elaboración propia a partir de los datos de defunciones del INE y de accidentes de la DGT

El empleo en el transporte

Los tres grandes ámbitos de empleo en el sector del transporte son:

- asalariados del sector privado
- asalariados de la administración pública
- autónomos

Las cifras estimadas para esos ámbitos, considerando el ciclo completo del sistema de transporte, según se explica en el *Volumen de Metodología*, son las siguientes:

Tabla 86. Síntesis de empleos en el transporte (2012)

	Número de empleos
Número de asalariados en el sector privado	1.322.425
Número de empleados en las administraciones públicas	99.483
Número de autónomos	226.848
TOTAL	1.648.756

Esas cifras vienen a representar el 9,5% de las 17.339.400 personas ocupadas en España en 2012[95]. Para tener una idea del orden de magnitud de las diversas ramas de actividad que conforman el conglomerado de empleos del transporte se puede observar la tabla siguiente, que a pesar de centrarse únicamente en los asalariados, es representativa del conjunto del sector.

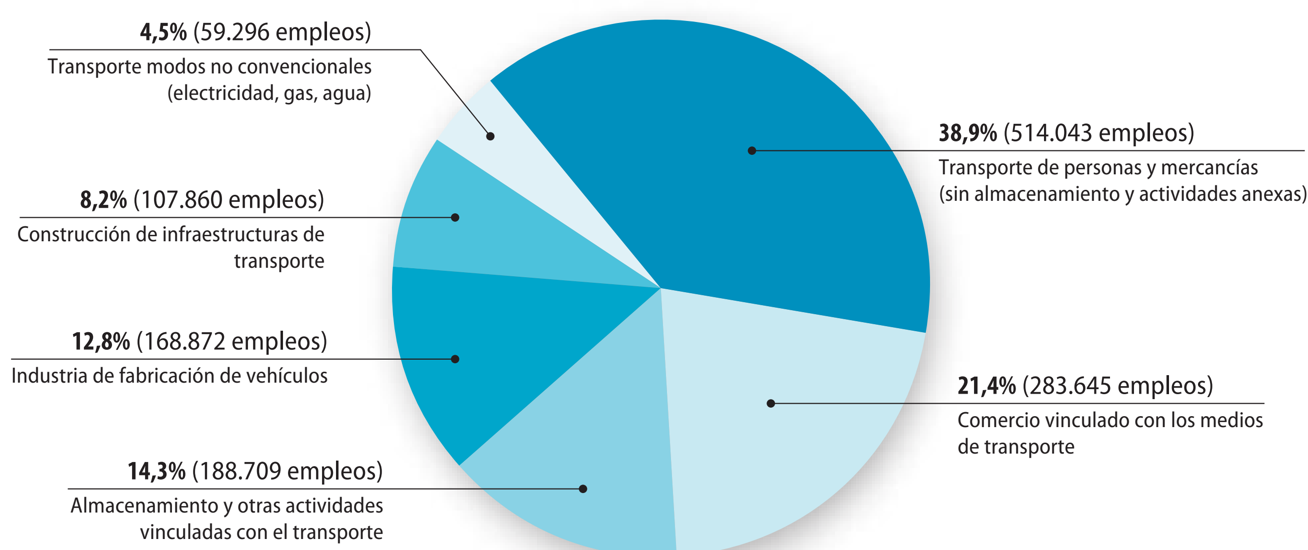
Tabla 87. Evolución del empleo asalariado relacionado con el transporte por ramas de actividad

	2008	2012
TRANSPORTE DE ELECTRICIDAD Y GAS	11.237	10.906
Transporte y distribución de energía eléctrica	4.329	4.938
Transporte y distribución por tubería de combustibles gaseosos	6.908	5.968
TRANSPORTE DE AGUA Y RESIDUOS	45.160	48.390
Captación, depuración y distribución de agua	24.420	25.500
Recogida y tratamiento de aguas residuales	1.890	1.890
Recogida de residuos	18.850	21.000
TRANSPORTE DE PERSONAS Y MERCANCÍAS	805.951	656.338
Transporte ferroviario	35.438	31.583
Otro transporte terrestre de personas	132.917	117.662
Transporte de mercancías por carretera y servicios de mudanza	296.631	220.833
Transporte por tubería	600	265
Transporte marítimo	18.987	13.572
Transporte aéreo	51.376	38.148
Almacenamiento y actividades anexas al transporte	156.502	142.295
Transporte postal y mensajería	113.500	91.980
INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS	199.712	168.872
Fabricación de vehículos de motor, piezas, carrocerías y accesorios	150.192	126.792
Construcción naval	21.440	10.880
Fabricación de locomotoras y material ferroviario	8.000	7.680
Construcción aeronáutica y espacial y su maquinaria	15.680	20.800
Fabricación de otro material de transporte	4.400	2.720
CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE	158.330	107.860
Construcción de carreteras y vías férreas, puentes y túneles	132.100	81.200
Construcción de redes y otros proyectos de ingeniería civil	26.230	26.660
COMERCIO VINCULADO CON LOS MEDIOS DE TRANSPORTE	340.157	283.645
Venta de vehículos de motor	83.936	54.829
Mantenimiento y reparación de vehículos de motor	155.057	126.214
Comercio de repuestos y accesorios de vehículos de motor	24.721	30.333
Venta, mantenimiento, repuestos y reparación de motocicletas	6.514	4.000
Comercio al por menor de combustible para la automoción	55.790	54.880
Alquiler de vehículos de motor	14.139	13.389
ACTIVIDADES DE SEGUROS DEL TRANSPORTE	20.600	18.414
Seguros vinculados al transporte	20.600	18.414
ACTIVIDADES DE FORMACIÓN	33.040	28.000
TOTAL	1.614.187	1.322.425

95 Cifras de la Encuesta de Población Activa del Instituto Nacional de Estadística correspondientes al último cuatrimestre de 2012.

La tabla, ilustrada con la figura 69, muestra la importancia de los modos y facetas menos visible del transporte, como la comercialización de los vehículos o la construcción de infraestructuras. El empleo vinculado directamente con los desplazamientos en modos convencionales representa solo al 39% del total.

Figura 69. El peso de las diferentes fases y modos en el empleo del sector transporte (2012)



A través de esa misma tabla se puede comprobar cómo, entre 2008 y el 2012 se ha producido una pérdida de 286.721 empleos asalariados relacionados con el transporte, un 18,1% del total. Esa caída es algo superior a la general de asalariados, lo que ha hecho perder algo de peso al transporte en el conjunto, representando en 2012 el 9,5% del total.

Tabla 88. Peso de los trabajadores del transporte en el conjunto de los asalariados

	Asalariados totales	Asalariados sector transporte	%
2008	16.308.000	1.614.187	9,9
2012	13.925.000	1.322.425	9,5

Por su parte, el empleo vinculado a las administraciones públicas presentaba en 2012 la siguiente distribución según ámbitos competenciales:

Tabla 89. Empleo vinculado al transporte en las administraciones públicas (2012)

	número
Administración General del Estado	20.690
Comunidades Autónomas	12.444
Administración Local	54.249
Estudios universitarios	12.100
TOTAL	99.483

Por último, la estimación de los trabajadores autónomos cuya actividad es el transporte es la siguiente:

Tabla 90. Trabajadores autónomos en el transporte (2012)

	número
Fabricación de vehículos	1.652
Transporte postal y otros modos	4.777
Construcción de infraestructura de transporte	22.080
Venta, mantenimiento y reparación de vehículos	38.439
Transporte terrestre y tubería	144.327
Otras actividades vinculadas al transporte	15.574
TOTAL	226.848

En esa relación destaca el número de autónomos presente en los desplazamientos por carretera (transporte de mercancías y taxis), que convierten al grupo del transporte terrestre en la categoría dominante entre los autónomos dedicados al transporte.

Tiempo dedicado al transporte

El tiempo que se dedica al transporte es la suma de tres agregados de horas diferentes. Por un lado está el tiempo más evidente, el que se dedica al desplazamiento, a realizar los recorridos. Pero, por otro lado, se encuentra lo que podría denominarse como un "tiempo virtual" dedicado al transporte a través de las horas de trabajo que se necesitan para poder pagar los servicios, infraestructuras y vehículos que se emplean en los desplazamientos. Por último, hay un tiempo que se podría denominar como "parásito", requerido para el aparcamiento y el acceso a los vehículos, para su mantenimiento y lavado, para las esperas en las estaciones, para la gestión de lo que le rodea (trámites, aprendizaje, multas, etc.).

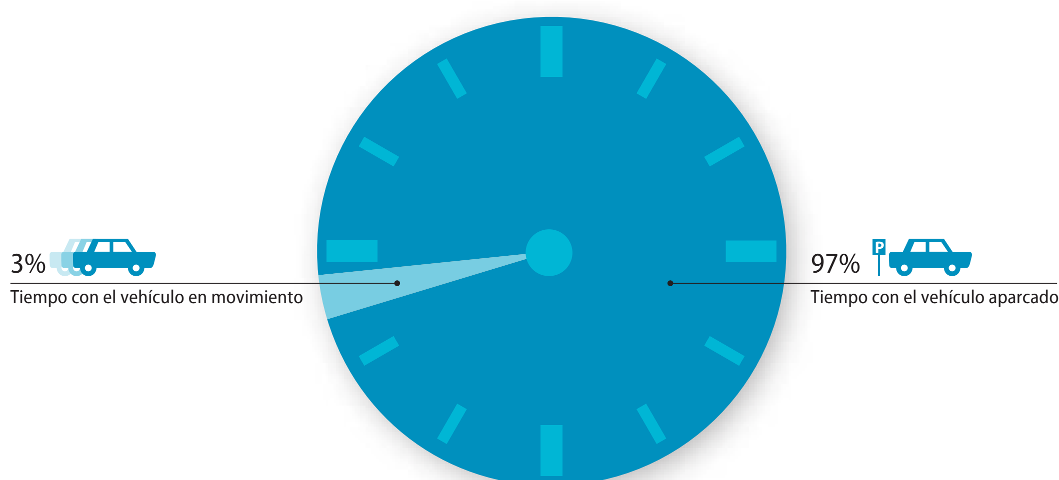
El caso del automóvil es muy ilustrativo de lo que puede llegar a suponer esos tiempos normalmente ocultos en la elección del modo de transporte. Así, la compra de un turismo nuevo medio en España exigía un gasto de 20.144 €[96]. Con un salario mediano bruto, situado en ese mismo año en 22.726 €[97], comprar un turismo nuevo requería invertir más de 1.500 horas de tiempo trabajando para pagarlo. Pero como se ha indicado en un capítulo anterior, los costes de desplazamiento en automóvil incluyen no solo la amortización del vehículo, sino otro conjunto de gastos, desde el combustible, hasta el cambio de neumáticos, pasando por los seguros y los impuestos. En total, el coste medio de un vehículo a lo largo de su vida útil es de 54.108 euros, lo que significa que hace falta trabajar durante 4.403 horas para pagar el coste del automóvil a lo largo de toda su vida útil; cada año el automóvil medio requiere 331 horas de tiempo "virtual" o tiempo dedicado a trabajar para pagarlo.

Según se explica en el volumen metodológico, cada turismo del parque automovilístico español se desplaza cada año durante 260 horas, a una velocidad media de 47,8 km/h. Nótese a ese respecto que el vehículo pasa el 97% de su tiempo parado.

96 Según la nota de prensa de Faconauto (17/01/2013) ese fue el precio medio efectivo (con descuentos) en 2012.

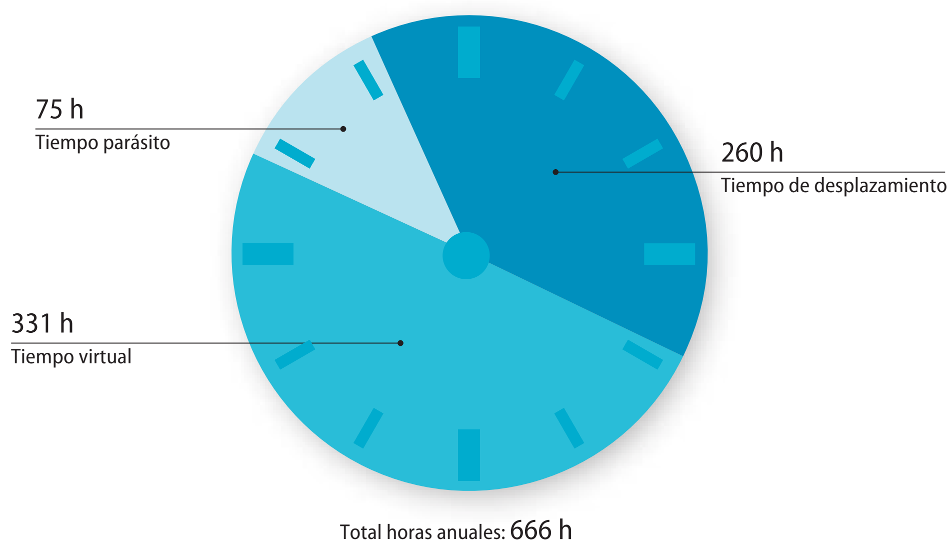
97 *Encuesta Anual de la Estructura Salarial 2012*. Instituto Nacional de Estadística. www.ine.es. Según esta Encuesta el número de horas pagadas por asalariado fue en 2012 de 1.806.

Figura 70. El tiempo de uso del automóvil a lo largo de su vida útil



Por último, una estimación aproximada del "tiempo parásito" dedicado a acceder al automóvil, aparcar, realizar gestiones para su conducción o su puesta punto, etc., arroja una cifra de 75 horas anuales, de manera que, en total, el tiempo exigido por un automóvil al año suma 666 horas.

Figura 71. Tiempo virtual, tiempo parásito y tiempo de desplazamiento anual de un automóvil



Total horas anuales: 666 h

Hay que tener en cuenta que las cifras anteriores se refieren al desplazamiento de un automóvil, tal y como planteó Ivan Illich[98] en su análisis seminal realizado en los años setenta, del cual se derivaba que el varón estadounidense medio requería anualmente 1.500 horas para usar y pagar el automóvil. Ni las cifras de Illich, ni las descritas más arriba, tienen en cuenta que ese automóvil es ocupado de media por 1,68 personas, lo que significa que ofrece servicio no solo al que lo paga, sino a otras personas que, en puridad, deberían compartir el gasto y, por tanto, el tiempo requerido para pagar el vehículo.

98 Véase al respecto el artículo "Desmedicalizar, desescolarizar, desmotorizar. Pensando la crisis con Iván Illich". A. Sanz. Revista *Ecologista*, nº 78, otoño 2013, http://www.ecologistasenaccion.org/article22844.html

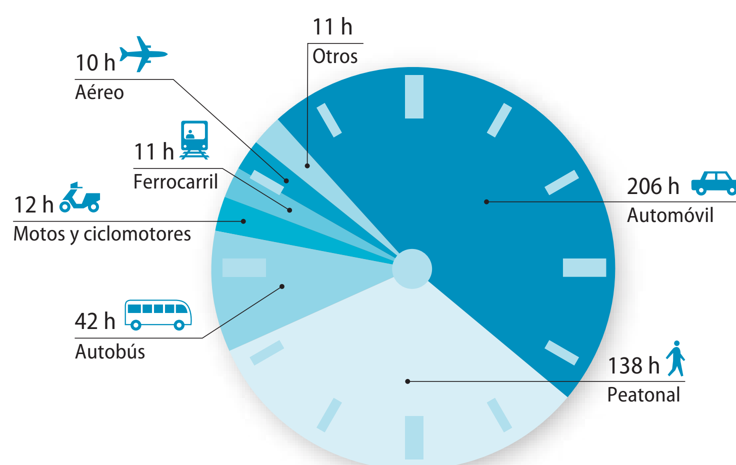
Al margen de esas cifras referidas a un tipo singular de vehículo, las presentes Cuentas Ecológicas del Transporte permiten conocer la magnitud de los tres "tiempos" dedicados a todo el ciclo global del transporte. Para el conjunto de los modos y medios en el transporte de personas el tiempo de desplazamiento directo alcanza las siguientes cifras en 2012:

Tabla 91. Tiempo dedicado al desplazamiento de personas en los diferentes medios de transporte (2012)

Modos	Millones de horas
Peatonal[99]	6.445
Automóvil (urbano)	6.173
Automóvil (interurbano)	3.467
Autobús (urbano)	1.297
Autobús (interurbano)	668
Moto y ciclomotor (urbano)	538
Ascensores	282
Metro	244
Ferrocarril convencional	227
Bicicleta	176
Tráfico interior aéreo	73
Tráfico interior marítimo (cabotaje)	41
Tranvía	26
Motocicleta (interurbano)	18
TOTAL INTERIOR	19.675
Tráfico aéreo internacional	398
Tráfico internacional marítimo (exterior)	10
TOTAL EXTERIOR	408
TOTAL	20.083

Contando las horas en millones no es fácil hacerse una idea del significado que tienen para la vida cotidiana. Una forma de hacer esas cifras más accesibles es convertirlas a horas de desplazamiento anuales por habitante.

Figura 72. Horas de desplazamiento por habitante al año en los diferentes medios de transporte (2012)



99 Hay que tener en cuenta que no se han contabilizado aquí los desplazamientos peatonales de proximidad, los realizados para conectar los medios de transporte mecanizados con los destinos.

Algo más de la mitad de las 430 horas anuales que emplean los habitantes de este país para desplazarse transcurren a bordo de automóviles, motos o ciclomotores, mientras que una tercera parte consiste en desplazamientos a pie o en bicicleta.

A las anteriores cifras hay que añadir las horas de desplazamiento de los profesionales del transporte, es decir los conductores y las tripulaciones de los vehículos de transporte tanto de personas como de mercancías, que suman aproximadamente otras 45 horas si se reparten entre toda la población.

La estimación del orden de magnitud del "tiempo virtual", el requerido para pagar los desplazamientos, sus vehículos y el conjunto de elementos que posibilitan el transporte, se realiza, conforme se explica en el volumen metodológico, a partir de las dimensiones monetarias del sector estimadas anteriormente, obteniéndose las siguientes magnitudes:

Tabla 92. Tiempo virtual. Horas dedicadas por habitante para pagar los desplazamientos de personas y mercancías (2012)

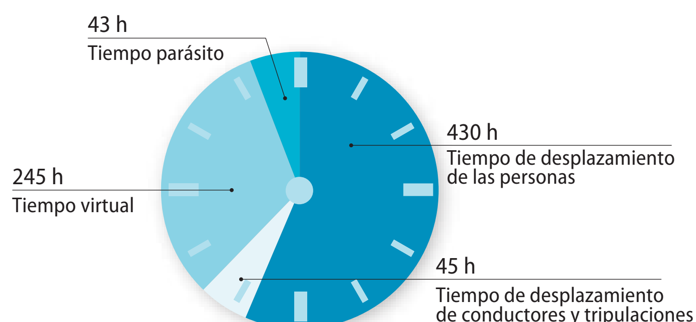
	Horas por habitante
Modos distintos al viario	59
Modo viario	175
Pago de las aportaciones del Estado	11
TOTAL	245

Calculado en términos de horas por habitante quizás no resulte tan ilustrativo como al repartirlo entre las personas asalariadas u ocupadas según las estadísticas oficiales. Considerando de esa manera que había en el último cuatrimestre de 2012 una cifra de 17,4 millones de personas ocupadas, repartiendo las horas de trabajo requeridas por el sistema de transporte, les corresponde a cada una de ellas un trabajo virtual de 660 horas; algo más de la tercera parte de su tiempo de trabajo anual.

Por último, cabe asignar un tiempo parásito a cada modo de transporte, es decir, el tiempo que se requiere en cada caso para el acceso al vehículo, el aparcamiento de los vehículos, la espera en las estaciones o los procesos de búsqueda de información sobre los medios de transporte. No es descabellado pensar que esas tareas consumen al menos un 10% del tiempo de desplazamiento, es decir, otras 43 horas anuales.

En definitiva, sumando todas esas cifras parciales, se puede obtener un panorama global de las exigencias de tiempo del sistema de transportes, según se expresa en la siguiente ilustración:

Figura 73. El tiempo dedicado al sistema de transporte por habitante en España (2012)



Como resulta reiteradamente en estas Cuentas, la parte menos visible del transporte tiene también mucha importancia como consumidora de tiempo social: dos horas al día de cada habitante de este país están dedicadas al sistema de desplazamientos y, de esa cifra, casi la mitad es ajena al propio movimiento de las personas

Autonomía respecto a los diferentes modos de transporte

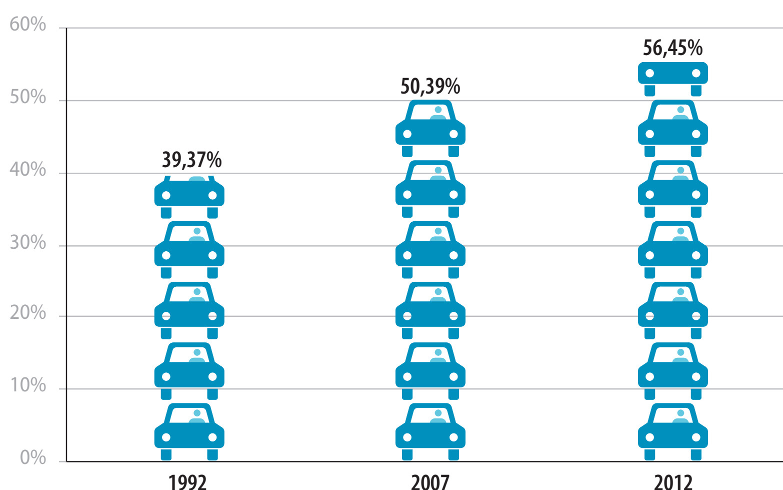
La perspectiva con la que se contemplan los diferentes modos y medios de transporte es muy diferente según la posición social, el género, la edad o los rasgos funcionales de cada persona. Por ese motivo, las cifras de desplazamientos, de oportunidades de viajar, de acceso a servicios y bienes no son más que un punto de partida para comprender la relación entre la sociedad y el transporte.

Dada la omnipresencia del modo viario el estilo de vida actual, es importante conocer los rasgos del acceso de la población a la utilización de los turismos, los vehículos que resultan centrales en la configuración en el modelo social y económico vigente, tal y como se viene comprobando a lo largo de este trabajo. Más aún por cuanto ha sido una constante, desde los años sesenta del siglo pasado, la consideración del automóvil como vehículo universal, accesible y al alcance de todas las personas. Otra opinión también muy extendida es que "todo el mundo viaja en avión".

Uno de los caminos para conocer la universalidad del automóvil es acotar el número de personas que tienen autonomía para utilizarlo, lo cual se articula con una doble exigencia: la primera es la disponibilidad (propiedad o alquiler) de un vehículo de turismo con los recursos para ponerlo en marcha; y, la segunda, la disponibilidad de un permiso oficial de conducción del vehículo.

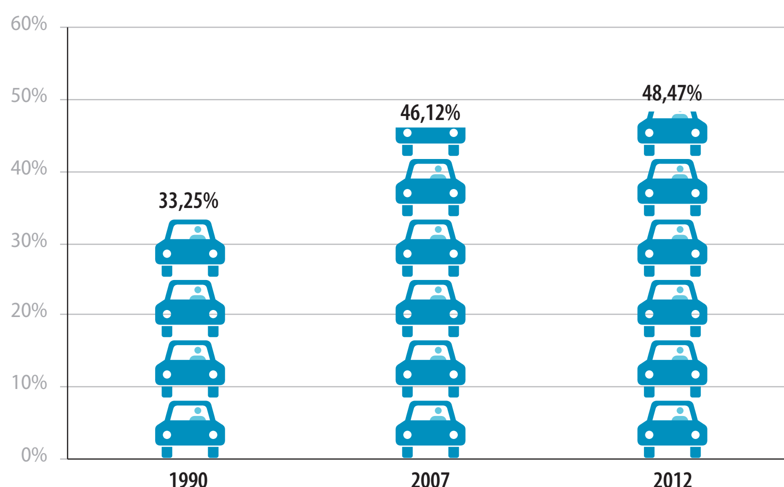
En las últimas décadas ha crecido considerablemente el número de personas que pueden conducir vehículos motorizados. Si en 1992 la población española con algún tipo de permiso de conducción ascendía a 15,4 millones (39,37% del total), en 2012 esa cifra se había elevado 26,3 millones (56,45%).

Figura 74. Evolución del número de personas con alguna modalidad de permiso de conducción sobre el total de la población (1992-2007-2012)



En el año 2007, por consiguiente, se cruzó el umbral de la mayoría de la población con algún permiso de conducir, pero no ha ocurrido lo mismo cuando se contempla exclusivamente la habilitación para conducir turismos. En 2012 había 24,1 millones de habitantes del país que no podían conducir automóviles, frente a los 22,6 millones con licencia para hacerlo:

Figura 75. Evolución del número de personas con permiso de conducir turismos (1990-2007-2012)



La población con carné de conducir turismos ha ido perdiendo en los últimos veinte años su nítido perfil masculino, pero sigue habiendo una proporción mayoritaria de varones entre quienes conducen este tipo de vehículos:

Tabla 93. Evolución de la tenencia de permisos para conducir turismos por sexo (1990-2012)

	Hombres	%	Mujeres	%
1990	8.568.546	66,29	4.357.816	33,71
2007	11.746.499	56,35	9.099.308	43,65
2012	12.428.281	55,01	10.162.598	44,99

Si se resta de esa población la que es mayor de 18 años y, por tanto, está en teórica disposición para obtener la licencia de conducir automóviles, todavía queda más de un 40% de la población adulta que no tiene dicha licencia, incluyendo casi un tercio de los varones:

Tabla 94. Población mayor de 18 años sin carné de conducir turismos (2012)

	Ambos sexos	Hombres	Mujeres
Población adulta total	37.924.149	18.483.039	19.441.110
Población adulta sin licencia de conducción de turismos	15.333.270	6.054.758	9.278.512
%	40,4	32,8	47,7

Esas cifras elevadas de población sin acceso a la conducción de automóviles se explican por la adición de una serie de colectivos. Al margen de las personas menores de 18 años, también hay personas con alguna diversidad funcional de carácter físico, psíquico o sensorial que no pueden

acceder a la conducción de vehículos. Igualmente un buen número de personas mayores o no tienen carné o ya no están en disposición de conducir. Finalmente hay estratos sociales sin recursos económicos para poder pagar los trámites necesarios para conducir, personas venidas de otras culturas y que no conocen el idioma suficientemente como para poder superar las pruebas; o simplemente quienes no desean hacerlo.

No es así de extrañar que en las diferentes encuestas de movilidad realizadas en los últimos años se siga constatando que más de una cuarta parte de los hogares no disponen de automóvil. Así lo indicaba la última encuesta de movilidad de ámbito nacional, Movilia, realizada en 2007 por el Ministerio de Fomento:

Tabla 95. Hogares según disponibilidad de turismo o motocicleta (2007)

	Número de hogares	%
Ninguno	4.195.100	25,7
Uno	6.978.100	42,7
Más de uno	5.164.400	31,6
TOTAL	16.337.600	100,0

Combinando la posesión de carné de conducir, la posesión de automóvil y su disponibilidad dentro de los hogares, se puede estimar que la mitad de la población adulta no puede conducir o no tiene a su disposición de manera inmediata un automóvil.

La discriminación salarial por género se refleja a la hora de comprender el esfuerzo que requiere la posesión y uso de un automóvil. En el apartado anterior se mencionó cómo el esfuerzo medio para comprar y utilizar un automóvil se estimaba en 331 horas de trabajo. Sin embargo, aplicando en lugar del salario medio el que corresponde a cada sexo, se comprueba que las mujeres necesitan trabajar 385 horas para pagar los costes anuales de un automóvil, mientras que los varones necesitan únicamente 293 horas[100].

Con posterioridad a la idea de que el automóvil es un vehículo universal, al alcance de toda la población, se conformó otra visión vinculada a los medios de transporte colectivo veloces: tanto el avión como el tren de alta velocidad se han considerado al alcance de todos los bolsillos. Sin embargo, los estudios elaborados para conocer el perfil socioeconómico de las personas que emplean dichos medios indican que tampoco se trata de medios de transporte "universales". En el caso del AVE, el perfil habitual es el trabajador o directivo de empresa y el turista de grupos de población de estatus medio o medio-alto que se puede permitir un desplazamiento más cómodo pero de coste superior[101].

Para el caso de la aviación, con la irrupción de las compañías de bajo coste, las investigaciones realizadas en diversos países europeos llegan también a la conclusión de que la universalización no se produce tampoco aquí, tal y como sintetiza David Ramos[102]:

100 Los datos salariales proceden de la *Encuesta de Estructura Salarial* del Instituto Nacional de Estadística de 2012.

101 "La movilidad interurbana en la línea de alta velocidad Madrid-Sevilla: rasgos definitorios a los 10 años de su Implantación". J. M. Santos, M.J. Aguilera, M. P. Borderías y M. P. González. *Anales de Geografía*. 2006, 26, 147-165.

102 "¿Quién viaja en avión? Una aproximación a la caracterización de los usuarios europeos del transporte aéreo según su nivel de renta". *Scripta Nova*. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. Vol. XII, núm. 270 (48), 1 de agosto de 2008. Véase también del mismo autor el artículo "Análisis económico, social y ambiental de las compañías aéreas de bajo coste". *Ecologista* nº 67. http://www.ecologistasenaccion.org/article19954.html

"Como se desprende de los casos estudiados, una pequeña parte de la población continúa acaparando la mayor parte de los viajes en avión realizados, y esa situación apenas ha variado en los últimos años. Los datos presentados no hacen sino corroborar la pervivencia de un claro vínculo entre el nivel de ingresos de los individuos y la demanda de transporte aéreo asociada a cada uno de ellos. Y es que a medida que el poder adquisitivo de las personas se incrementa, los viajes de larga distancia se multiplican y el recurso al avión como modo de desplazamiento incrementa su frecuencia. Así, mientras para la mayoría de quienes sitúan en los estratos de rentas altas el viaje en avión se convierte en algo habitual a lo largo del año, para los que ocupan las clases inferiores, dicho viaje tiene lugar de forma esporádica o simplemente no se produce durante varios años".

Lo que relatan las cuentas de la movilidad

La exposición de las cifras que caracterizan al transporte es ya en sí misma una manera de fotografiar y, por tanto, relatar esta actividad. La propia estructura de datos seleccionada, lejos de ser neutral, alimenta determinadas perspectivas de lo que significa el transporte en nuestro modelo económico. Las Cuentas Ecológicas del Transporte podrían haberse quedado ahí, en una aportación sistemática de cifras engarzadas a través del enfoque ecointegrador de la economía.

Sin embargo, la información basada en datos es un género difícil de digerir por personas no especializadas en la materia. Además, el propósito de elaborar estas Cuentas no es académico, sino social y político. Por ese motivo y por la intención de hacer más amable y grata la lectura de este informe, se ha considerado imprescindible apuntar algunas ideas sobre lo que relatan las Cuentas, sobre lo que nos permiten conocer acerca de nuestros patrones de vida.

El presente capítulo se centrará en un puñado de los muchos relatos posibles que buscan comprender mejor qué modelo de movilidad tenemos, tratando de aportar algunas reflexiones y cifras complementarias o destacar algunas de las ya indicadas en el documento.

Acumulando décadas de explosión de la movilidad

Las cifras de la evolución de la movilidad en España permiten describir el periodo 1992-2007-2012 como un nuevo ciclo explosivo en el incremento de los desplazamientos motorizados, tras el vivido en las décadas de los años setenta y ochenta[103] que, a su vez, fue precedido por la llamada etapa del "desarrollo" del país, iniciada a finales de los años cincuenta. Como ilustran las gráficas siguientes, en dos generaciones se han multiplicado por cuatro el número de desplazamientos de personas y de mercancías convencionales. En el camino se ha transformado drásticamente el peso de los diferentes modos de transporte, pues la explosión de la movilidad ha afectado esencialmente a la carretera, a la aviación y al transporte marítimo internacional, como más adelante se comprobará.

Figura 76. Cuatro décadas (1970-2012) de crecimiento de la movilidad de personas (millones de personas-km) en las redes interurbanas y aviación nacional

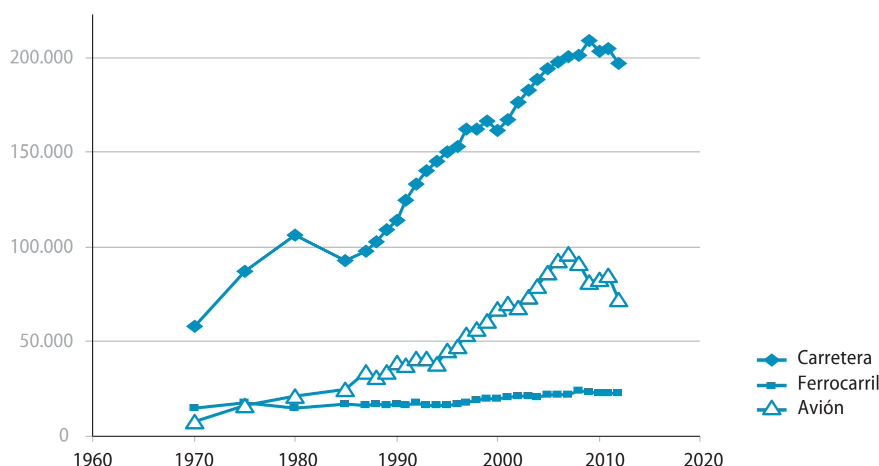
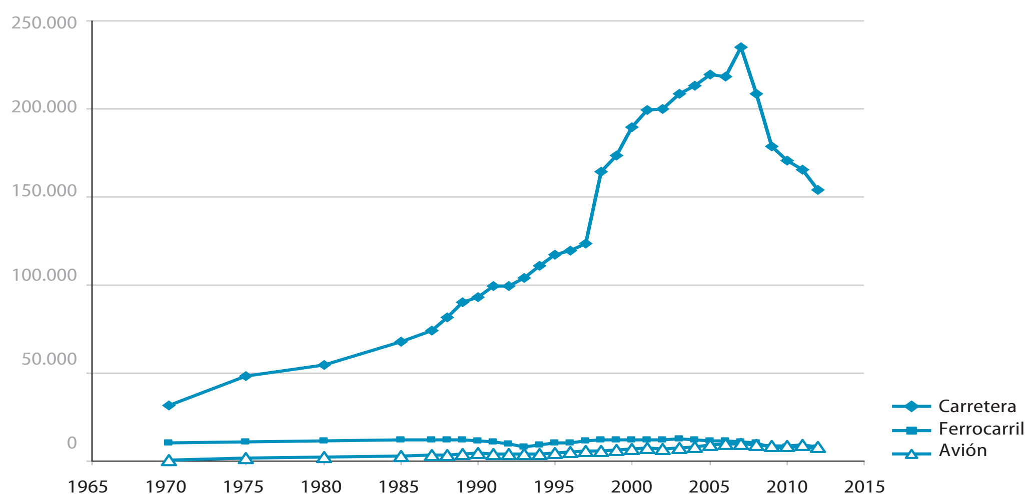


Figura 77. Cuatro décadas (1970-2012) de crecimiento de las toneladas-km transportadas en el interior del país



Esos ciclos explosivos de la movilidad en España no son muy diferentes a los que han sucedido en otros países europeos a lo largo del siglo XX, aunque con tiempos de arranque, distribución modal y maduración diferentes[104]. Quizás las diferencias más importantes tienen que ver con las tasas de incremento en algunos periodos y con la drástica pérdida de papel del ferrocarril en España en comparación con la sucedida en otros países europeos.

Centrando la mirada en el periodo 1992-2007-2012, se pueden asociar los crecimientos explosivos de la movilidad, sobre todo, a tres fenómenos complementarios:

Metropolización

La transformación de las ciudades españolas relativamente compactas en aglomeraciones urbanas o metropolitanas, con una gran dispersión de la urbanización, ha conducido en este periodo a un incremento de las distancias entre los lugares de residencia y las actividades y, la consiguiente necesidad de desplazamientos motorizados que sustituyen, sobre todo, viajes a pie. Varias comunidades autónomas, como el País Vasco o Galicia, se han convertido en espacios metropolitanos-regionales; y todos los núcleos urbanos han visto crecer a su alrededor las "nociudades" pensadas desde la óptica del automóvil.

Este fenómeno de la metropolización de los espacios urbanos no es exclusivo de nuestro país, sino que responde a lógicas universales, aunque se particularizan de modos diferentes en cada contexto[105]. En el nuestro, lo llamativo ha sido que en esta etapa se haya producido cuando ya se había reconocido institucionalmente la necesidad de evitar el fenómeno del

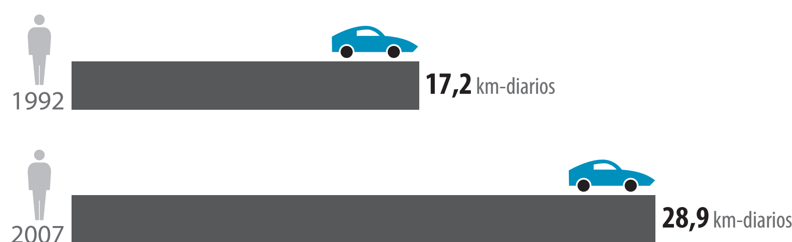
103 En el libro *Hacia la reconversión ecológica del transporte en España*, de A. Estevan y A. Sanz (Los Libros de la Catarata. Madrid, 1996) se muestra cómo los años setenta y ochenta del siglo pasado fueron dos décadas de explosivo crecimiento de la movilidad motorizada. Por ejemplo, entre 1970 y 1992 el tráfico automovilístico y los viajeros aéreos se multiplicaron por 3,8 (página 61).

104 Como referencia se puede indicar cómo en el caso de Noruega, entre 1970 y 2005, se ha pasado de recorridos medios algo superiores a 20 km a unos 55 km diarios por persona. Así se deduce del documento *El futuro del transporte sostenible de pasajeros*, editado por el Parlamento Europeo. Departamento Temático B. Políticas Estructurales y de Cohesión. 2010.

105 Véase la reflexión para el caso francés en *Le processus de métropolisation et l'urbain de Derain*. CERTU. Lyon, 2013.

urbanismo disperso o, dicho de otro modo, de eludir la creciente dependencia respecto al motor y, en particular, respecto al automóvil. Recuérdese a ese respecto que las Cuentas muestran un crecimiento de los recorridos en automóvil por persona desde los 17 a los casi 29 km diarios.

Figura 78. Recorridos en automóvil por persona



Integración del espacio y del mercado interior

Obviamente, en esas cifras de incremento del uso del automóvil influye también la configuración de un nuevo mapa mental de distancias, medidas socialmente en términos de tiempo de recorrido. Un nuevo mapa mental impulsado por la expansión de las infraestructuras, los vehículos y los servicios.

Y bendecido por los cambios en el modelo de organización económica, con la ruptura definitiva de los mercados locales y regionales, así como con el incremento de la especialización de las actividades. No es que se muevan ahora muchas más toneladas por persona diarias, sino que se mueven más lejos. Las mercancías convencionales desplazadas en el interior del país se incrementaron entre 1992 y 2007 en un 8%, pero sus recorridos lo hicieron en un 38%.

Globalización económica

El tercer fenómeno que contribuye a explicar este nuevo ciclo expansivo es la ruptura no ya de los mercados locales y regionales, sino de los mercados nacionales, del mercado español; la expansión de la economía globalizada y financiera da lugar a una agitación gigantesca de mercancías y personas que se desplazan de una punta a otra del mundo, básicamente en barco las primeras y en avión las segundas. Una agitación que ha crecido con fuerza en las dos últimas décadas, tal y como se refleja en las figuras siguientes

Figura 79. Transporte marítimo internacional (1992 y 2007) toneladas-km diarias por habitante

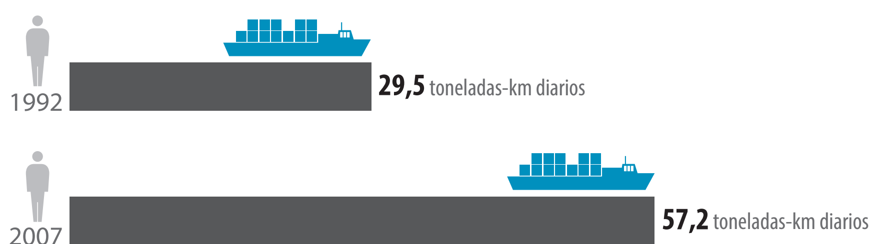
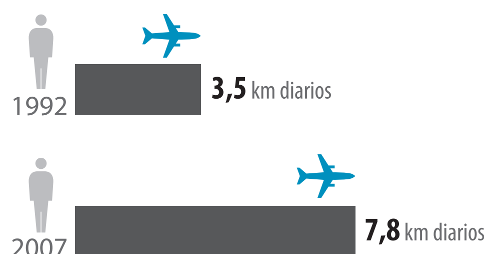


Figura 80. Aviación internacional (km diarios por persona)



Lo que muestra esta explosión de desplazamientos es que, lejos de asistir a una desmaterialización de la economía, es decir, la obtención de mayor valor con menos recursos naturales, como algunos círculos académicos y agentes económicos defienden, las dos últimas décadas han mantenido las exigencias de materiales y recursos energéticos, lo que se traduce en necesidades enormes de transporte de los mismos[106].

La trascendencia de los modos “invisibles”

En el imaginario colectivo el transporte se asocia normalmente a determinados modos y medios, dejando ocultos o dando poca importancia a otros que resultan cruciales para el sistema económico y social. Se trata en general de modos o medios que no perturban nuestra vida cotidiana, que funcionan correctamente sin especiales afecciones ambientales, o cuyos impactos están fuera del alcance de nuestra mirada.

En ocasiones, son las propias estadísticas oficiales las que han dificultado la mirada sobre dichos modos, bien por incluirse en ámbitos de la administración distintos al que gestiona los modos convencionales (viario, ferroviario, aéreo, marítimo), bien por no atenderse con la profundidad, metodología y rigor apropiados. Las Cuentas Ecológicas del Transporte permiten, sin embargo, aproximarse a dichos modos y medios “invisibles”, cuyas magnitudes pueden resultar sorprendentes.

En el apartado anterior se destacaba el explosivo crecimiento del transporte marítimo internacional, un elemento crucial para la economía española tal y como hoy está configurada. Se trata de un modo “invisible” en la medida en que sus recorridos y buena parte de sus impactos están fuera del alcance de la vista de la mayor parte de la población. Quizás solo cuando se produce una tragedia marítima o un vertido de productos petrolíferos con la consiguiente marea negra, se vislumbra la importancia del transporte por mar.

La realidad es que el transporte marítimo internacional supone dos terceras partes (66,8%) del movimiento de mercancías convencionales de la economía española, medido en términos de toneladas-km, la manera habitual de hacerlo en el sector.

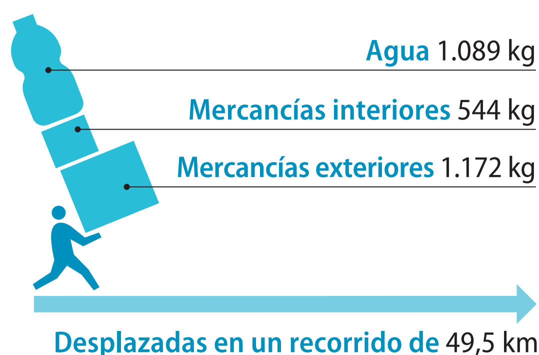
106 Para una crítica del concepto de desmaterialización véase Estevan, A. “El nuevo desarrollismo ecológico”. Revista *Archipiélago* nº 33. 1998.

Figura 81. Transporte de mercancías internacional en toneladas-km diarias por habitante



Pero el desplazamiento más silencioso a la vez que más imprescindible para la vida y el sistema económico es el del agua de consumo humano o para la agricultura o los usos industriales. Tal y como se puede observar en el capítulo correspondiente, el transporte de agua resulta ser el de mayor tonelaje desplazado, por encima incluso del transporte de mercancías internacionales que se acaba de mencionar.

Figura 82. La mochila de agua y mercancías interiores e internacionales que acarrea diariamente cada habitante de España (2007)



Quizás es más ilustrativo todavía considerar el significado que tendría que esos desplazamientos en lugar de ser "silenciosos", por tubería, se tuvieran que hacer por otros medios de transporte. Restringiendo el análisis al agua que llega a los hogares, se puede imaginar la necesidad de desplazamiento de camiones que supondría la sustitución de la tubería por el modo viario. La magnitud del transporte de agua de uso urbano representa la mitad del total del transporte que realizan camiones y furgonetas conjuntamente.

Figura 83. Desplazamientos de agua y mercancías en camión por persona y día



Visto todavía desde una perspectiva más cotidiana. Un hogar español medio, con 2,76 miembros, requiere diariamente 441 litros de agua limpia, lo que significa que si tuviera que recibirla en bidones, transportada en el modo viario, necesitaría la llegada de un camión de carga media cada 24 días, más de uno al mes. Si el transporte fuera en vehículos de carga ligeros, tendría que recibir una furgoneta de carga media cada dos días; 182 veces al año. Las consecuencias para la movilidad cotidiana, la organización doméstica y el esfuerzo físico en el transporte de últimos metros, es imaginable.

El “silencio” en el transporte de agua es también característico de los demás desplazamientos por tubería, el de productos petrolíferos y el de gas. Sin contar con la fase de distribución de gas, es decir, la última etapa del suministro hasta los hogares, el transporte de productos energéticos tiene un mayor peso que el ferrocarril.

Figura 84. Toneladas-km de transporte de mercancías por ferrocarril y tubería de productos energéticos que le correspondieron a cada habitante en 2007



Por último, cabe recordar la importancia de un modo de transporte que no suele ser visible ni para las personas que lo emplean todos los días. Lejos de ser una anécdota en el sistema de transporte, el ascensor es un medio fundamental para comprender el modelo urbano español, pues representa la movilidad motorizada que permite la construcción densa vertical; que facilita el acceso de las personas y que sirve de eslabón final del transporte de las mercancías que se consumen en 7,6 millones de hogares españoles.

Algunos representantes del sector de la elevación afirman que se trata del medio de transporte empleado con mayor frecuencia en España. Las estimaciones realizadas para estas Cuentas son algo más modestas, pero aún así cada año se realizan en el país del orden de 15.100 millones de trayectos en ascensor, convirtiendo a este medio motorizado en el segundo en importancia tras el automóvil (17.849 millones de desplazamientos). Obviamente, el recorrido en ascensor es muy modesto (203 millones de personas-km), pero todavía era en 2007 del mismo orden de magnitud que el tranvía (214 millones de personas-km). Pero para completar la conveniencia de considerarlo en cualquier contabilidad del transporte, cabe recordar que su consumo energético en 2011 fue de 205.102 tep de energía primaria solo para las subidas y bajadas, sin contar la energía consumida en parado; una cifra superior en un 33% a la del consumo conjunto de todos los ferrocarriles metropolitanos del país, también en la fase de desplazamiento.

Hipermotorización

Se podría definir el concepto de hipermotorización como el umbral a partir del cual el sistema social y económico se hace excesivamente dependiente de los desplazamientos motorizados. Obviamente, cuando se introduce en la definición el término “excesivo” se introduce un factor subjetivo que inmediatamente conviene aclarar.

Los datos de número de kilómetros recorridos por las personas y las mercancías diariamente en el país son un primer indicador potente para realizar una acotación de ese concepto. Considerando que a cada persona de este país le corresponde un recorrido diario de casi 50 km

en vehículos motorizados y, además, el desplazamiento también en vehículos motorizados de una tonelada de mercancías a lo largo de 85 km, se puede aceptar al menos el debate sobre la superación de un umbral razonable de motorización general.

Pero el término "motorización" tiene otra acepción en el lenguaje de los especialistas en transporte, se trata del número de vehículos por 1.000 habitantes y, en particular, el número de automóviles de turismo por 1.000 habitantes. En 2012 había en el país 714 vehículos motorizados de carretera por cada 1.000 habitantes, mientras que la cifra de turismos por 1.000 habitantes ascendía a 476: un coche cada 2,1 habitantes.

Para comprender mejor esa proporción se puede decir que, si se reparten las plazas de automóvil entre los habitantes de este país, a cada uno le corresponderían algo más de dos asientos; para transportar a toda la población española simultáneamente bastaría emplear la mitad del parque de automóviles existente.

La "hipermotorización" sirve de recordatorio de que cualquier documento como el presente requiere un relato realizado con una cierta distancia y perspectiva. Cualquier documento plagado de datos y detalles, no debe servir para debates estériles sobre mejoras decimales en la eficiencia de uno u otro medio de transporte.

Al contrario, las cifras y comparaciones pueden servir de pauta para comprender modificaciones y cambios, pero lo fundamental es comprender las dimensiones generales de los problemas. En ese sentido, a la vista de las magnitudes globales que se deducen de estas Cuentas Ecológicas del Transporte, la cuestión no es si hay oportunidades de mejorar un 10% el uso de la energía, o reducir las emisiones en un 20%, sino cuestionar la mayor, preguntarse si es posible mantener los niveles actuales de hipermotorización o, por el contrario, reducir los desplazamientos motorizados y el número de vehículos que los soportan. Una conclusión a la que también llegan otros autores implicados en el debate sobre la eficiencia ambiental de los diversos medios de transporte. Así, Roger Kemp de la Universidad de Lancaster (Reino Unido) señala que:

> *"lo más importante en este debate es cómo revertir el crecimiento de las cifras globales de desplazamientos, bastante más que preocuparse demasiado acerca de los detalles sobre los consumos energéticos comparados de los diferentes modos de transporte"*[107].

La burbuja de las infraestructuras de transporte

En el año 2000 la prensa recogía anuncios del Ministerio de Fomento sobre el Plan de Infraestructuras de Transporte en los que proclamaba con orgullo "Ponemos en marcha…"[108]:

- Más de 4 billones [de pesetas] para la red de carreteras
- 4.000 kilómetros más de autovías
- 1,5 km diarios de nuevas comunicaciones rápidas y seguras

107 *Are High-speed Railways Good for the Environment? A Discussion Paper*. David Spaven. TRANSform Scotland, Edinburgh, 2006.

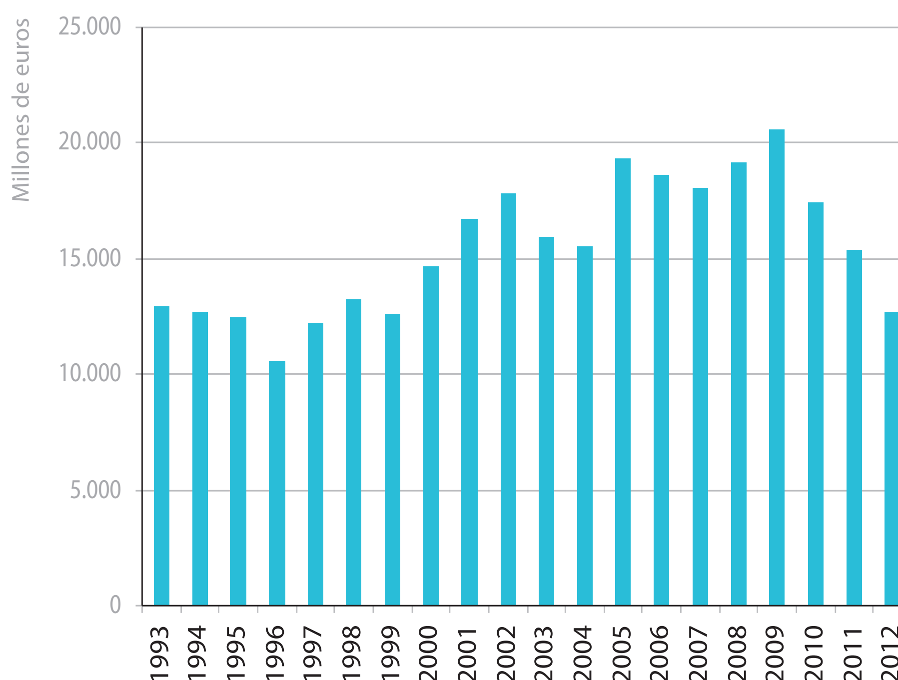
108 Véase por ejemplo el anuncio publicado en el periódico *ABC* el domingo 16 de enero de 2000.

Y el plan se cumplió a rajatabla. Efectivamente, entre el año 2000 y el 2010, atravesando legislaturas de diferente tendencia política se construyeron en España todos los días 1,5 kilómetros de autovías o autopistas, en un inédito ejercicio de ajuste entre planificación y ejecución.

Si se atiende lo ocurrido en los veinte años que median entre 1992 y 2012 se han construido diariamente más de 1,2 kilómetros de autovías o autopistas, casi un cuarto de kilómetro de línea de alta velocidad ferroviaria, 800 metros de gaseoductos y casi 1,4 km de líneas de alta tensión (más de 220 kV), amén de varias decenas de metros de ferrocarriles metropolitanos y tranvías, de varias hectáreas anuales de nuevos espacios aeroportuarios, de un 40% de incremento de la capacidad portuaria a lo largo de este siglo[109] y de una considerable cantidad de metros de viario urbano y metros cuadrados de aparcamientos.

Se puede así hablar de una "burbuja de infraestructuras de transporte", hinchada en paralelo a la más conocida "burbuja inmobiliaria", pero con una característica diferencial: no estalló en 2007, sino casi tres años más tarde, pues 2009 marcó el record de inversión en las dos últimas décadas. Sumando únicamente los cuatro principales modos de transporte y en euros de 2012, la inversión media acumulada durante el periodo 1993-2012 fue de 15.400 millones de euros, mientras que en 2009 alcanzó el máximo con 20.610 millones. El pinchazo definitivo de la burbuja de infraestructuras de transporte no se produjo realmente hasta 2012.

Figura 85. Inversión en las principales infraestructuras de transporte (carreteras, ferrocarril, puertos y aeropuertos)

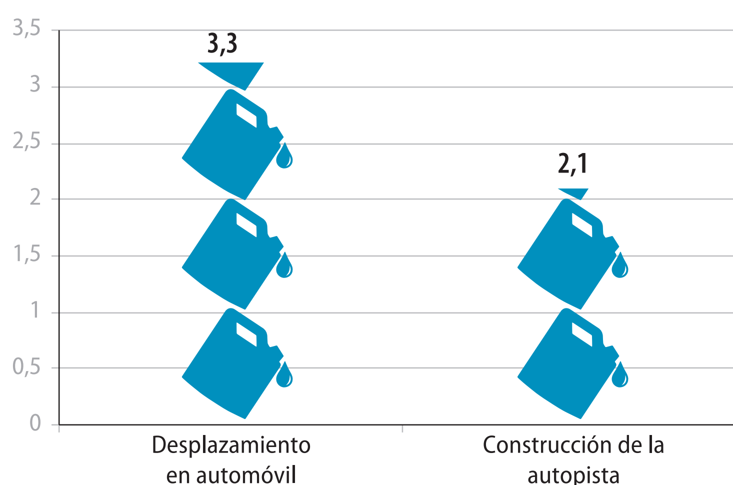


En ese proceso se acometieron obras que no resistían ningún tipo de contraste sobre su conveniencia desde el punto de vista social, ambiental o económico. Las Cuentas Ecológicas del Transporte permiten desvelar algunos aspectos poco conocidos de la sobrecapacidad de las infraestructuras. Por ejemplo, las consecuencias ambientales y energéticas de la construcción de autopistas en corredores de bajo tráfico.

109 Página II.40 del *Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (2012-2024)*. Ministerio de Fomento, 2012.

En efecto, el requerimiento energético que le corresponde a una persona que viaja en una autopista con intensidades de tráfico reducidas, por ejemplo de 3.000 vehículos al día, alcanza un 60% del que necesita para el propio desplazamiento.

Figura 86. Requerimientos energéticos del desplazamiento y de la infraestructura en autopistas de bajo tráfico (menos de 3.000 vehículos por día) en kep/100 persona-km



Una vez construido ese ingente patrimonio de infraestructuras se ha comprobado que varios de sus fundamentos estaban errados, hasta el punto de llevar al cierre o a no abrir por cuestiones económicas algunas de ellas, así como a poner en cuestión otras muchas. Hay que tener en cuenta que las previsiones infladas de uso de una infraestructura o servicio de transporte estimulan un mayor consenso social y político alrededor de su necesidad y, por tanto, facilitan la aceptación social de la inversión.

Tras muchos años de justificar la creación de infraestructuras de transporte a partir de la idea de "déficit histórico"[110], o subdotación respecto a unos supuestos estándares de infraestructuras que determinan la calidad de vida, la modernidad o el progreso, se ha llegado a una sobredosis. Siguiendo el símil médico, la sobredosis resulta de la combinación de un mal diagnóstico y una mala elección de la medicina elegida, es decir, de una sobrevaloración de la demanda de las infraestructuras y de una errónea elección del tipo de infraestructura a construir.

Una sobredosis que incluso es reconocida, contradictoria y paradójicamente, en el último plan gubernamental de creación de más infraestructuras de transporte. En efecto, en el denominado PITVI (2012-2024) se expresa el siguiente diagnóstico[111]:

"En la actualidad, nuestro país dispone de un importante patrimonio en infraestructuras de transporte. No obstante, en los últimos años la planificación se ha enfocado prioritariamente a continuar aumentando la oferta del sistema sin que exista una correlación directa con el crecimiento de la demanda".

110 Véase al respecto *Infraestructuras de transporte y crisis. Grandes obras en tiempos de recortes sociales*. Paco Segura. Ecologistas en Acción. 2012.

111 Página II.57 del *Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda (2012-2024)*. Ministerio de Fomento, 2012.

"Esto ha producido situaciones de exceso de capacidad en determinadas áreas, que amenazan seriamente la sostenibilidad de la gestión de las infraestructuras y los servicios de transporte y condicionan de forma notable la estrategia futura, ya que generan unos costes de mantenimiento y de reposición a largo plazo difícilmente sostenibles".

En efecto, las previsiones de uso de las distintas infraestructuras y servicios de transporte se han mostrado generalmente erradas por exceso. El caso de la línea de alta velocidad Madrid-Levante es uno de ellos. Las primeras estimaciones de usuarios realizados en 2002 indicaban una cifra anual de 3,6 millones de personas, casi el doble de lo que finalmente resultó en el primer año de funcionamiento, 2010[112].

Algo semejante ocurre con las autopistas de peaje, cuyos estudios de tráfico se han equivocado de forma muy acusada, contribuyendo a la ruina de las concesionarias y a su rescate con fondos públicos. Un estudio de las autopistas de peaje construidas en España desvelaba que, teniendo en cuenta únicamente las construidas a partir de 1999, las desviaciones de tráfico han sido de un 27% de media por debajo de las previsiones[113].

Son conocidos a través de los medios de comunicación los resultados de otros excesos con respecto a líneas de tranvía, aeropuertos o líneas de metro[114], pero es más difícil que aparezcan públicamente otros que no se pueden contrastar con cifras de personas que viajan. Este es el caso de los puertos en relación a la capacidad de acogida de mercancías, tal y como reconoce el propio PITVI:

"Hay que indicar que el crecimiento del tráfico no ha acompañado a este impulso de la oferta de infraestructuras [portuarias], siendo el grado de utilización actual de entorno al 40%"[115]

Por todo ello es oportuna la observación de Federico Aguilera[116] sobre la permanencia a lo largo del tiempo de una política hidráulica vinculada antes a los intereses de las empresas constructoras y eléctricas que al interés público general, ya que se puede extender al transporte en general: no ha existido en los últimos veinte años una política de transportes o de movilidad, sino más bien una política de infraestructuras dictada desde intereses de las empresas constructoras y del corto plazo electoral.

112 "Análisis de los datos de tráfico del primer año de explotación de la línea de alta velocidad de Madrid a Valencia". Judith Fernández Jáñez. 360. *Revista de alta velocidad/*. Nº 2. Mayo 2012

113 "Traffic uncertainty in toll motorway concessions in Spain". Baeza, M.A. y Vassallo, J.M. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Transport* 165 May 2012 Issue TR2 Pages 97–105. http://dx.doi.org/10.1680/tran.2012.165.2.97

114 La prensa recogió por ejemplo, en abril de 2014, la revisión crítica del proyecto de ampliación de la línea 11 del Metro de Madrid hasta La Fortuna, realizada por el Tribunal de Cuentas Europeo ("Eficacia de los proyectos de transporte urbano público financiados por la UE", 2014) en el que se señalaba el número de personas que utilizaban la infraestructura era tan solo del 18% de las previstas. Hay que decir, en cualquier caso, que esos errores sospechosos no eran exclusivos de España, sino que se extendían por la mayor parte de los países europeos.

115 Página II.41 del PITVI

116 "Veinte años (1993-2013) de 'política hidrológica en España': el secuestro de la política pública". Federico Aguilera Klink. *Revista de Economía Crítica* nº 17. 2014.

El reto de la ocupación para el transporte colectivo

Una pregunta básica de la planificación es qué medio de transporte es apropiado para satisfacer una demanda de desplazamiento, con independencia de si dicha demanda y sus consecuencia son aceptables social, ambiental y monetariamente. Las Cuentas Ecológicas del Transporte ofrecen una base de datos para empezar a reflexionar sobre alternativas de desplazamiento y sobre la idoneidad que ofrecen para cada contexto particular.

Huyendo de las modas y lugares comunes, se puede hacer una lectura descarnada de estas Cuentas desde el punto de vista de la idoneidad de cada modo y tipo de infraestructura; una lectura que quizás resulte incómoda por afrontar zonas en sombra de los discursos dominantes sobre el transporte, pero que tiene la virtud de ofrecer claves fundamentales del problema del transporte en nuestro modelo económico.

Una de las maneras de afrontar la idoneidad en el transporte es contemplar el sistema desde la doble perspectiva de la ocupación, es decir, del encaje entre lo que se ofrece y cómo se emplea. Por un lado, se puede analizar la ocupación de los vehículos empleados en el transporte y, por otra, la ocupación de las infraestructuras por las que se desplazan esos vehículos o los bienes y mercancías en el caso de modos como la tubería. La ocupación, su nivel alto o bajo, explica algunas de las cifras que más sorpresas pueden generar de estas Cuentas.

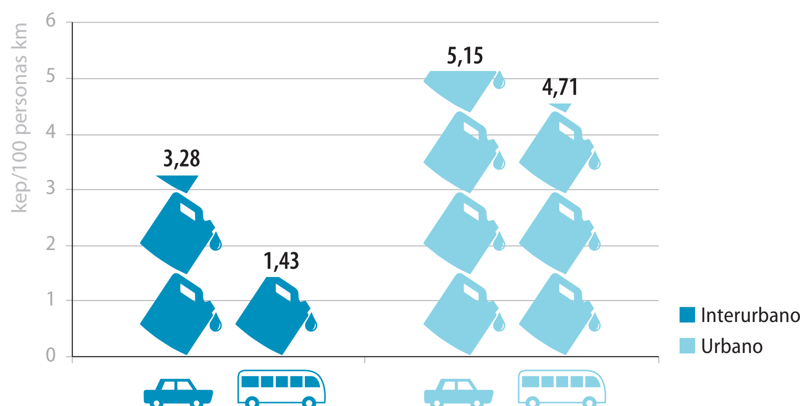
La ocupación de los vehículos es un parámetro decisivo de la eficiencia de cada medio de transporte. En ese sentido, la masificación del automóvil privado ha conducido a un uso individualizado que se extrema en los desplazamientos domicilio-trabajo, con tasas de ocupación muy reducidas. Así, por ejemplo, en los accesos a la ciudad de Madrid, según un estudio realizado en 2008, el 77% de los automóviles circulaban únicamente con el conductor, lo que llevaba la ocupación media a una cifra de 1,29 personas por vehículo[117]. Considerando un número medio de 4,5 plazas por turismo, la ocupación señalada cubre el 29% de su capacidad.

Lo que las Cuentas Ecológicas desvelan es que los medios de transporte colectivo, cuya eficiencia se basa precisamente en desplazar más personas con menos recursos, no siempre consiguen los niveles de ocupación que les permitan diferenciarse nítidamente de los resultados de los vehículos individuales o semicolectivos como el automóvil. Hay que tener en cuenta que el transporte colectivo circula sin tener garantizado en cada viaje un determinado número de personas; ha de funcionar en horas y días punta, pero también en horas y días valle, de baja demanda, en los que difícilmente la ocupación es la óptima; sirviendo también en zonas más periféricas, con menor densidad de población. Ese tipo de claves, unido al régimen de paradas, la congestión circulatoria y las velocidades, explican el diferencial enorme de eficiencia que ofrece un mismo vehículo, el autobús, en circulación urbana o interurbana.

Como se puede observar en el capítulo correspondiente, el autobús interurbano arroja unas cifras excelentes de eficiencia en comparación con el automóvil, mientras que el autobús urbano, por los motivos señalados anteriormente y, en particular, por su baja ocupación (poco más de la mitad que el interurbano) se aproxima dramáticamente a los resultados del automóvil.

117 *Primer Informe del Estado de la Movilidad de la Ciudad de Madrid. 2006-2008. Indicadores*. Bases de conocimiento compartido. 23 de febrero de 2009. Ayuntamiento de Madrid.

Figura 87. La ocupación del autobús como clave de sus requerimientos energéticos



El tranvía es un ejemplo de medio de transporte que se viene recuperando en España con escasa atención a la ocupación y, por tanto, a su eficiencia ambiental, social y monetaria. En efecto, son varios los sistemas tranviarios con claro desequilibrio entre oferta y demanda de desplazamiento, mostrado por ocupaciones muy bajas de los vehículos (y de la infraestructura construida al efecto). Así, por ejemplo, el tranvía de Bilbao presenta ocupaciones medias de menos del 20%, frente al de Vitoria-Gasteiz que alcanza algo más del 40%[118]. En el caso de los tranvías de Madrid (denominados Metros Ligeros), la reducida ocupación media (18%) explica parcialmente que la recaudación de las personas que viajan solo cubra solo el 12% de los gastos que acarrea[119].

La imagen del tranvía, asociada en las últimas décadas a modernidad y sostenibilidad, no siempre resiste una revisión global. En lo ambiental, en la medida en que varios de los sistemas arrastran una pesada carga de consumo y emisiones por persona; y en lo económico en la medida en que algunos de ellos no alcanzan niveles mínimamente aceptables de demanda de uso. Es evidente que cada medio de transporte no se debe juzgar únicamente por un indicador, el energético en este caso, pues ocurre que en algunas ciudades el tranvía ha contribuido a modificaciones urbanísticas y de la cultura de la movilidad nada desdeñables. En definitiva, su relativo fracaso en varias de las esferas de valor aquí consideradas no es el único elemento de análisis a tener en cuenta.

En el extremo contrario se encuentra un medio de transporte colectivo que presenta en la actualidad un alto grado de ocupación de los vehículos: el avión. Uno de los factores que explican el éxito monetario de los vuelos de bajo coste es la alta ocupación que tienen como seña de identidad. Así, por ejemplo, las compañías de bajo coste que operaron en España en 2012 obtuvieron una ocupación del 82%, mientras que las compañías aéreas tradicionales registraron una ocupación media del 75%, cifra alta, en cualquier caso, para otros modos de transporte[120].

118 *Datos de la publicación Panorama del Transporte en Euskadi.* 2012, del Observatorio del Transporte de Euskadi (OTEUS) del Gobierno Vasco. Los datos son el resultado de aplicar capacidades inferiores a las establecidas por la compañía fabricante de los vehículos.

119 Según los datos de 2012 del informe anual *Observatorio de la Movilidad Metropolitana*. 2012, publicado en 2014, los ingresos tarifarios fueron 8,4 millones de euros frente a unos costes de 69,3 millones de euros.

120 *Turismo, tráfico aéreo y compañías aéreas de bajo coste en el año 2012*. Instituto de Turismo de España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

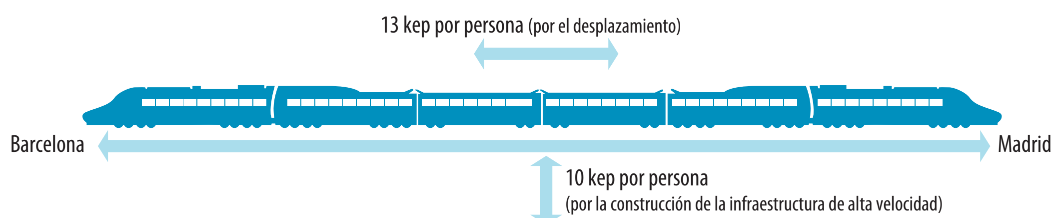
Pero existe una segunda perspectiva de la ocupación, la que ofrecen las infraestructuras. En un análisis integral de la movilidad los niveles de ocupación de los vehículos han de ser contrastados con la ocupación de la componente infraestructural. Y es ahí en donde el panorama se hace más preocupante para la eficiencia de algunos medios de transporte.

Este es el caso de buena parte de las líneas de alta velocidad ferroviaria, de numerosos aeropuertos y de extenso itinerarios de la red de autovías y autopistas. Tomando como ejemplo la línea de alta velocidad ferroviaria de mayor tráfico de personas, la línea entre Madrid y Barcelona, se puede comprobar la importancia de la ocupación de las infraestructuras desde el punto de vista energético. Según los datos aportados por el Tribunal de Cuentas, la inversión en dicha línea sumó 9.809 millones de euros de 2012[121].

Siguiendo la metodología empleada en estas cuentas, cada millón de euros de inversión en las líneas de alta velocidad ferroviarias exige una aportación energética de 335,9 tep. De ese modo, la construcción de la línea Madrid-Barcelona supuso un consumo de 3,3 millones de tep. Si se amortiza la infraestructura en 50 años, la energía anual incorporada a la línea será de 65.897 tep, precisamente la cantidad a repartir entre las personas que la utilizan. Los datos de 2013, tras la subida del número de personas que emplean la línea debido a la aplicación de tarifas variables, suponen del orden de 4 millones de personas-km en el conjunto del corredor. Repartiendo la energía amortizada cada año entre las personas que viajan en el corredor, a cada una le corresponde 1,65 kep por cada 100 km recorridos. Es decir, en los 621 km que median entre Barcelona y Madrid a cada persona que viaja le corresponden por la construcción de la línea 10,2 kep, algo parecido a 10 litros de gasoil.

Esas cifras se comprenden todavía mejor si se recuerda el consumo por 100 personas-km del modo ferroviario. Según el capítulo correspondiente de estas Cuentas, el consumo de energía primaria del ferrocarril en su conjunto es de 2,71 kep por cada 100 personas-km. Por consiguiente, para estimar cabalmente la energía del ferrocarril de alta velocidad hace falta incorporar a la energía de desplazamiento, unos 13,5 kep, otros 10,2 kep de energía invertida en la infraestructura.

Figura 88. La energía en la línea de alta velocidad ferroviaria entre Madrid y Barcelona



Si en lugar de elegir el corredor Madrid-Barcelona, la línea que representa casi la mitad del tráfico de alta velocidad en España, se piensa en una línea como la que está en construcción a Galicia, con un número muy limitado de trenes al día, se puede imaginar la enorme carga energética que le tocará a cada persona que viaje en ella por la construcción de la infraestructura. Desde el punto de

121 *Informe de fiscalización de las principales contrataciones relacionadas con la construcción de la línea férrea de alta velocidad Madrid-Barcelona, desarrolladas desde el 1 de enero de 202 hasta la puesta en funcionamiento de la línea*. Aprobado por el Tribunal de Cuentas el 25 de abril de 2013. La cifra de inversión fiscalizada fue de 8.967 millones de euros de 2008.

vista energético, el consumo en el desplazamiento será en ese tipo de líneas inferior al consumo en la construcción de la infraestructura.

El reciente "Informe de la Comisión Técnica-Científica para el estudio de mejoras en el sector ferroviario"[122], expresa también con claridad ese problema de fondo de la ocupación de la infraestructura:

"Es necesario replantearse el plan estratégico para la construcción de líneas de alta velocidad con ancho estándar, en vista de la situación económica actual y de la demanda tan baja como se prevé que puede existir en la mayoría de las líneas en fase de construcción. Una circulación reducida de trenes al día no justifica estas inversiones. Criterios de demanda prevista e inducida deberán ser lo que fundamentalmente establezcan objetivos plausibles".

"Es necesario y urgente reconsiderar todas las obras en marcha y previstas en líneas de alta velocidad con el objetivo de analizar cuáles son más prioritarias y poner en servicio los trayectos que se puedan explotar de forma coherente".

En definitiva, ocupar la infraestructura con un número adecuado de servicios se convierte así en un requisito imprescindible para que un medio de transporte colectivo sea eficiente desde el punto de vista energético.

La dependencia del transporte respecto al petróleo

La relación entre petróleo y transporte es una dependencia cruzada. Por un lado, los desplazamientos tienen una elevada dependencia respecto a esta fuente de energía y, por otro, la mayor parte del petróleo se dirige al transporte. Cuando se introduce en el análisis el ciclo completo, las fuentes energéticas diferentes al petróleo cobran algo más de peso, pero el sistema de transporte sigue siendo, esencialmente, dependiente del petróleo.

Como señala Mariano Marzo, *"transporte es sinónimo de petróleo. Hoy en día, cerca del noventa y cuatro por ciento de la energía primaria consumida en el mundo por el sector del transporte proviene del petróleo. Un cinco por ciento proviene del gas natural, ya sea en forma liquida o comprimida, y un uno por ciento de los biocarburantes. No es exagerado, por tanto, concluir que el sector del transporte es absolutamente dependiente de los combustibles líquidos derivados del petróleo".*[123]

En España la relación entre petróleo y transporte es igual de estrecha. El petróleo que llega a España se dirige fundamentalmente al movimiento de personas y mercancías. Así, en 2012, el 76,6% del petróleo puesto a disposición del consumo final se quemó durante la fase de tracción de los modos de transporte convencionales.

122 Ministerio de Fomento. Junio de 2014.

123 "La situación actual del petróleo y las perspectivas del futuro". Ponencia presentada por Mariano Marzo para la redacción del documento *Automóvil y medio ambiente. Cuando lo verde sale a cuenta: la hora del consumidor*, del Real Automóvil Club de Cataluña. Barcelona, julio de 2008.

Tabla 96. Consumo final de productos petrolíferos según actividades (2012)

	ktep	%
Industria	3.486	8,7
Transporte (fase de desplazamiento)	30.594	76,6
Usos diversos	5.837	14,6
TOTAL	39.917	100,0

Fuente: *Balances del consumo de energía final. Serie histórica 1990-2012*. IDAE. Ministerio de Industria y Energía.

Si se añaden las cifras del consumo de productos petrolíferos en la construcción de infraestructuras y en otros sectores de actividad, bien directamente, bien a través de la generación eléctrica, así como el consumo en modos no convencionales, se puede deducir que más del 80% del petróleo acaba siendo consumido en el ciclo global del transporte.

La otra cara de la dependencia cruzada entre transporte y petróleo se aprecia al conocer el dato de que el 92% del consumo de energía final del transporte, según la metodología oficial, procedía de dicha fuente de energía primaria en 2012.

Tabla 97. Consumo de energía final (en ktep) del transporte en 2012

	Productos petrolíferos	Gases	Biocarburantes	Energía eléctrica	Total
Transporte	30.594	123	2.127	383	33.228

Fuente: *Balances del consumo de energía final. Serie histórica 1990-2012*. IDAE. Ministerio de Industria y Energía.

También es relevante el reparto del consumo de productos petrolíferos entre los diferentes modos de transporte, observándose que la carretera y el creciente transporte aéreo absorben la mayor parte del total.

Tabla 98. Distribución del consumo final de productos petrolíferos por modos de transporte (2012)

TRANSPORTES	ktep	%
Carretera	23.053	75
Ferrocarril	577	2
Marítimo	861	3
Aéreo	5.425	18
Otros	678	2
TOTAL	30.594	100

Fuente: *Balances del consumo de energía final. Serie histórica 1990-2012*. IDAE. Ministerio de Industria y Energía.

La dependencia respecto al petróleo de cada uno de esos modos en su fase de desplazamiento cierra el análisis de la mencionada dependencia cruzada. Son precisamente los modos dominantes los que se encuentran más estrechamente atados al oro negro. Para el conjunto de modos la dependencia alcanza el 92%[124].

124 Hay que recordar que estos datos reflejan el consumo final de energía; si los datos fueran en energía primaria, la dependencia respecto al petróleo de los modos más electrificados sería mucho más reducida.

Tabla 99. Dependencia energética de los modos de transporte (fase de desplazamiento) respecto al petróleo (2012)

TRANSPORTES	% de energía procedente del petróleo
Carretera	91,26
Ferrocarril[120]	73,81
Marítimo	100,00
Aéreo	100,00
Otros	75,43
Todos	92,07

Fuente: *Balances del consumo de energía final. Serie histórica 1990-2012*. IDAE. Ministerio de Industria y Energía.

La dependencia directa del modo viario respecto al petróleo en su fase de desplazamiento se ha reducido en los últimos años gracias sobre todo a la incorporación de los agrocarburantes, sin embargo, dichos productos proceden a su vez de cultivos con una considerable dependencia respecto al petróleo. Únicamente el ferrocarril se escapa parcialmente a esa dependencia.

Conclusiones

Frente a la perspectiva fragmentaria de los datos y los análisis habituales del sector, las Cuentas Ecológicas del Transporte ofrecen, dentro de sus limitaciones, una visión global y sistemática de los desplazamientos en España.

Sus cifras descarnadas confirmarán en unos casos y contradecirán en otros las creencias sobre esta actividad; pondrán a prueba las construcciones mentales que enmarcan nuestras decisiones y comportamientos en relación a la movilidad. Si es así, el esfuerzo realizado para su elaboración tendrá una primera recompensa: habrá permitido nuevas reflexiones y sembrado algunas inquietudes.

Tratándose de un documento difícil de digerir, no debe finalizarse sin ofrecer a quien lo pueda leer con prisas, quizás mientras se desplaza, una pequeña selección de conclusiones. Esa es la intención de los siguientes párrafos.

a) El crecimiento del transporte ha sido constante a lo largo del último siglo, con cinco décadas explosivas

Durante los últimos cien años el transporte ha sufrido en España una radical transformación, pero ha sido el periodo entre 1960 y la actualidad, con un crecimiento extraordinario de las distancias recorridas por las personas y las mercancías, el que ha conformado un modelo económico, social y ambiental caracterizado por su gran dependencia del transporte motorizado.

La última década del siglo XX y la primera del XXI representaron otra vuelta de tuerca de la expansión del transporte, que únicamente se detuvo con la crisis a partir de 2007. Entre ese año y 2012, las principales magnitudes del transporte se han reducido significativamente. Mientras que en los recorridos de las personas en el interior del país el descenso fue tan solo de un 8%, la caída de los recorridos de las mercancías convencionales fue del 30%. La crisis tuvo un reflejo diferente en el transporte internacional, en el que se produjo un incremento leve de los recorridos de personas y un descenso más moderado (20%) que en el interior de los recorridos de las mercancías.

b) Las enormes dimensiones del sector en las esferas ambiental, social y monetaria

Si se analiza el transporte como un sistema global, compuesto de un conjunto de fases que lo hacen posible, desde la fabricación de los vehículos hasta la gestión de la movilidad, pasando por la construcción de las infraestructuras y los propios desplazamientos, se pueden aquilatar sus verdaderas y espectaculares dimensiones.

Por llevarlo al terreno comprensible de la experiencia cotidiana, cada habitante de este país recorría al día en 2007 casi 50 kilómetros en el conjunto de los medios de transporte; de ellos casi 42 km en el interior y casi 8 en el exterior. A lo largo de su recorrido, para satisfacer sus necesidades, acarreaba más de 1.700 kg de mercancías y casi 1.100 kg de agua.

A cada habitante le tocaba también costear esos desplazamientos con 4.000 euros y dedicar más de 760 horas anuales a desplazarse, trabajar para pagar los costes de desplazamiento o prepararse para abordar los diferentes medios de transporte.

c) La importancia de lo no visible, tanto de los modos como de las fases del transporte

Si se aplica la perspectiva convencional del transporte es fácil que pasen desapercibidas formas de desplazamientos y fases fundamentales del mismo. En particular, es fácil que queden ocultas las formas básicas de desplazamiento de personas y el bien más importante que se transporta.

En efecto, en términos de número de desplazamientos, casi la mitad de los que realizamos los habitantes de este país los hacemos andando, una forma de transporte habitualmente ninguneada en la planificación urbana. Y si se trata de medios motorizados, a poca distancia del más dominante, el automóvil, se encuentra el ascensor, que raramente se incorpora a la reflexión y la contabilidad del transporte.

Desde la perspectiva de las distancias recorridas, no del número de viajes, las magnitudes son menos sorprendentes, con un peso preponderante del automóvil, que cubre 28,9 km de los casi 50 que diariamente nos tocan a cada persona de este país. El segundo modo de transporte en esa dimensión es el aéreo, que representa otros 11,5 km diarios, tras una fuerte expansión en las últimas décadas.

Si la atención se centra en el desplazamiento de bienes y mercancías, la primera sorpresa la ofrece esa humilde forma de transporte que es la tubería de agua, que permite que todos los días se mueva una tonelada de ese líquido vital a lo largo de 54 km por cada habitante del país. Pero hay otras cifras sorprendentes, como la de que el siguiente medio de transporte de bienes y mercancías de la economía española sea el marítimo, por su enorme trascendencia en el intercambio internacional.

Si dejamos a un lado el transporte por tubería de agua, el tráfico marítimo cubre el 70% de los recorridos de las mercancías totales del país, mientras que el viario (camión y furgoneta) lo hace en un 27%. El ferrocarril, que llegó a dominar el transporte interior de mercancías durante las primeras décadas del siglo XX, es hoy superado no solo por la carretera, sino también por la tubería de productos energéticos (gas y petróleo o sus derivados).

Al margen de las magnitudes de los desplazamientos, estas Cuentas Ecológicas del Transporte sacan a la luz la importancia de las fases no circulatorias del ciclo global, mostrando cómo, por ejemplo, la construcción de las infraestructuras o la fabricación de los vehículos tiene un papel relevante en el consumo energético del sector.

d) La estrecha relación entre el transporte, la estructura económica y el modo de vida

El transporte es una actividad derivada de las necesidades del sistema económico y social. Desde ese punto de vista, la transformación del modelo de desplazamientos es el reflejo de lo ocurrido en el país en otros campos. En particular, en los últimos veinte años los dos principales factores que han alimentado el nuevo ciclo de expansión de la movilidad han sido la metropolización de las ciudades y la globalización.

La metropolización o dispersión urbana explica el incremento de las distancias recorridas por las personas en su vida cotidiana; mientras que la globalización lo hace con respecto al enorme incremento de los desplazamientos de mercancías internacionales.

El enfoque aplicado en la presentes Cuentas permite comprender mejor el carácter integrado

del sistema de transporte; atender a las diferentes fases del ciclo global permite vislumbrar tanto los esfuerzos individuales como los colectivos que exige cada desplazamiento; y atender a los distintos modos y medios, sin olvidar los que suelen estar fuera del análisis convencional del sector, permite percibir el transporte como una cadena compleja.

Así, el predominio del modo viario en nuestra vida cotidiana y, en particular, del automóvil y del conjunto camión-furgoneta, está en parte relacionado con su capilaridad, su capacidad de servir de último eslabón de la cadena del transporte y facilitar el acceso a todos los rincones del territorio, como ningún otro modo motorizado puede conseguir.

Haciendo algunas simplificaciones se puede decir que el sistema globalizado se traduce en unas necesidades de transporte marítimo que suman el 70% de los recorridos de las mercancías que requiere la economía española; mercancías que se distribuyen esencialmente en el interior en camiones y furgonetas, medios de transporte que, además, sirven para tejer las actividades económicas nacionales.

Igualmente, el sistema metropolizado se traduce en unas necesidades elevadas de desplazamiento en automóvil, que absorbe casi el 70% de los recorridos, lo cual tiene que ver con la capacidad de este vehículo de adaptarse a la dispersión y a los ritmos acelerados del modo de vida actual.

De esa manera, se comprende mejor la dificultad de encontrar alternativas al modelo actual de transporte sin modificar las estructuras territoriales, sociales y económicas que están detrás de la configuración de las necesidades de desplazamiento.

e) La hipertrofia del sector acaba pasando factura

Cuando se habla de hipertrofia, es decir, de desarrollo excesivo de algo, se introduce un elemento valorativo; el exceso se refiere a la superación de ciertos umbrales que, en las actividades humanas, están sujetos a valoraciones cargadas de subjetividad. La valoración del transporte como hipertrófico, que no escapa a esa subjetividad, tiene varios argumentos a considerar.

El primero es que una parte de la hipertrofia del transporte en España, es decir, del desarrollo excesivo de los recorridos de las personas y las mercancías, es el reflejo, como se acaba de señalar, del modelo económico, social y territorial en el que se inscribe; equiparable en ese sentido al que existe con diferentes matizaciones en el resto de los países europeos.

Pero hay otra faceta de la hipertrofia que es singular a este país, la derivada de la burbuja de las infraestructuras, del exceso de capacidad en autovías, aeropuertos, ferrocarriles, puertos, tranvías, metros y hasta viario urbano. Las últimas décadas de explosión de la movilidad motorizada han sido simultáneas a una enorme inversión infraestructural que no se corresponde con la utilización que se realiza de las mismas.

Las Cuentas Ecológicas de Transporte permiten combinar y comprender conjuntamente las infraestructuras y el uso de las mismas, desvelando cómo los excesos se manifiestan en las diferentes esferas de valor. Así, el exceso de infraestructuras detrae recursos de otras partidas de la actuación del Estado. Y, también, mina la eficacia energética y ambiental de algunos medios de transporte cuyos desplazamientos, considerados aisladamente, pueden tener una eficiencia elevada pero que, en combinación con la energía requerida por la infraestructura superabundante, registran resultados decepcionantes.

f) El petróleo, un flanco débil del modelo vigente de transporte

Cada tonelada de petróleo crudo que llega a España ha recorrido miles de kilómetros; 7.000 km en 2012 para las 58,2 millones de toneladas importadas ese año. Cuando se refina y transforma en derivados como la gasolina y el gasoil, una parte todavía sigue viaje hacia otros destinos, pero del resto, de lo que se quema en España, tres cuartas partes se emplean en la fase de desplazamiento del transporte. Si se le añaden los consumos de productos petrolíferos en la construcción de las infraestructuras y las demás fases del ciclo global de la actividad, se puede estimar que al menos el 80% del petróleo importado va a parar a esta actividad. Desplazamos petróleo a lo largo de miles de kilómetros para desplazarnos y desplazar el resto de mercancías que requiere el sistema económico vigente.

Son precisamente los medios de locomoción dominantes en los diferentes ámbitos los que están más atados al petróleo, el transporte marítimo de mercancías, el transporte por carretera y la aviación. La fuente energética casi exclusiva de esos medios de transporte son los derivados del petróleo, un recurso caracterizado por sus excelentes cualidades para ese fin y, también, por su declive.

En efecto, los productos derivados del petróleo presentan una densidad energética magnífica, es decir, contienen una elevada cantidad de energía disponible en un volumen y peso muy reducidos, lo que les hace idóneos para ser transportados y consumidos en el desplazamiento. Como se puede apreciar en las presentes Cuentas, con la energía contenida en un litro de gasoil se puede desplazar una persona en automóvil en un recorrido de 30 km, o una tonelada en camión a lo largo de 35 km.

El declive del petróleo convencional, que para muchas instituciones y especialistas ha alcanzado ya el cénit de extracción, abre un periodo de incertidumbres generalizado, en el que no hay ninguna garantía de que se encuentren alternativas energéticas que permitan mantener el modelo de transporte vigente, tanto en el plano de los desplazamientos de personas, como en el plano del trasiego gigantesco de mercancías a lo largo y ancho del mundo globalizado. Tras las promesas fallidas de resolver la cuestión mediante los agrocombustibles o el gas natural, la gran apuesta del sector es la electrificación del transporte.

Los retos de esa tarea son de un enorme calibre, pues no solo ocurre que no hay por el momento sustitución eléctrica del transporte de larga distancia (marítimo y aéreo), sino también porque si se incorpora en la contabilidad la fase de fabricación de los vehículos eléctricos y de sus baterías, se pierde una parte significativa de la eficiencia de dichos vehículos y surgen nuevas necesidades de materiales y recursos no renovables.

g) Ni los medios colectivos ni la tecnología por sí mismos podrán mantener el modelo de transporte vigente

Durante más de siglo y medio, primero con el carbón y el ferrocarril, y luego con el petróleo y el resto de los medios de transporte, se ha generado una sensación de progreso inexorable e infinito de los medios de transporte; de la idea de que cada vez es posible desplazarse y desplazar cosas más lejos, más rápido, más fácil y más barato.

La proyección hacia el futuro de lo visto hasta ahora ha conformado una mitología amplia-

mente extendida en la que se mezcla el tecnoptimismo, es decir, la tecnología encontrará el camino para seguir esa trayectoria, con la visión conspirativa de las soluciones energéticas, es decir, el discurso según el cual las grandes corporaciones ya tienen el recambio al petróleo y lo sacarán de la chistera cuando hayan obtenido todos los beneficios posibles del oro negro.

Las Cuentas Ecológicas del Transporte contemplan esa evolución con una perspectiva de mayor complejidad. Primero en la medida en que, junto a la evolución de las magnitudes de los desplazamientos, permiten aproximarse a las magnitudes de las afecciones y consecuencias en las diferentes esferas de valor; ayudan a conocer el impacto ambiental, social y monetario del modelo vigente. Y, segundo, porque contribuyen a comprender mejor la evolución global del sistema de movilidad y las dificultades de sustituir al petróleo en el transporte.

Otra gran ilusión que inunda los discursos de determinadas corrientes políticas es la de las alternativas colectivas a los medios motorizados individuales de desplazamiento. Por ejemplo, la contraposición entre automóvil privado y el automóvil compartido o los vehículos colectivos como el autobús, que se perciben como soluciones mucho más eficientes desde el punto de vista ambiental y social.

Hay que recordar, sin embargo, que ese tipo de contraposiciones es válido para el transporte de personas, pero no sirve al transporte de mercancías. Además, uno de los segmentos de mayor consumo energético, la aviación, es básicamente colectivo. Y, por último, cabe señalar que la eficiencia de los medios colectivos es dependiente de la manera en que encajan en el sistema global del transporte, de la que se deduce su grado de ocupación y, consecuentemente, su consumo por persona-km.

Las Cuentas Ecológicas del Transporte enfrían esas expectativas de sustitución, no solo al ofrecer las cifras menos visibles del sistema de desplazamientos, sino también al desvelar que lo colectivo no tiene por qué ser mucho más eficiente en un contexto sin modificaciones del modelo de transporte. Dicho de otra manera, sin modificar la generación de demandas de desplazamiento, es decir, el modelo territorial, social y económico que conforma el transporte, no es posible dar un vuelco drástico de la eficiencia pasando de la movilidad individual motorizada a la colectiva.

• • •

Las reflexiones derivadas de estas Cuentas Ecológicas del Transporte, dentro de sus limitaciones, pueden dar idea de la utilidad que tendría que fueran confeccionadas con una cierta periodicidad y a cargo del Estado. Las facetas de planificación y distribución de recursos en el sistema de transporte que tienen las administraciones públicas requieren una información sistemática y global que no está disponible. El conocimiento fragmentario de la realidad y los intereses sectoriales conducen, como se ha visto, a excesos y carencias en el sistema de transporte, los cuales podrían ser paliados si verdaderamente se atienden sus implicaciones en las tres esferas de valor en juego: la ambiental, la social y la monetaria.